STUDI

SULLA

COSTRUZIONE DEL PROLUNGAMENTO

DEL

MOLO OCCIDENTALE DEL PORTO DI GENOVA

DI

GIUSEPPE BIANCHERI

INGEGNERE CAPO NEL GENIO CIVILE

AI

LAVORI MARITTIMI.

———

TORINO, 1857

TIPOGRAFIA CERESOLE E PANIZZA.

PROLUNGAMENTO

DEL MOLO OCCIDENTALE

DEL PORTO DI GENOVA.

STUDI

SULLA

COSTRUZIONE DEL PROLUNGAMENTO

DEL

MOLO OCCIDENTALE DEL PORTO DI GENOVA

DI

GIUSEPPE BIANCHERI

INGEGNERE CAPO NEL GENIO CIVILE

AI

LAVORI MARITTIMI.

TORINO, 1857

TIPOGRAFIA CERESOLE E PANIZZA.

INDICE.

Suivant nous, dans une entreprise aussi importante, on doit laisser de côté toute hypothèse théorique, et ne se guider que par l'expérience des travaux analogues déjà exécutés.

C'est ce que nous avons fait en adoptant le système à pierres perdues.

Linant-Bey, *Direttore generale del servizio dei ponti e strade d'Egitto.*
Mongel-Bey, *Ingegnere capo nello stesso servizio.*

(De Lesseps - *Percement de l'Istme de Suez - Paris,* 1855).

UNA DICHIARAZIONE.

Dediti da venti e più anni al servizio speciale dei lavori de' porti, dove dalla confidenza del Governo ci troviamo onorati di una carica, abbiamo letto col massimo interesse un recente opuscolo dell'illustre cav.e Sauli, colonnello del Genio, di cui ci teniamo ad onore essere particolari amici, intorno alla costruzione del prolungamento del molo occidentale del porto di Genova.

In questo è oppugnato il sistema di fondazione a scogliera adottato per lo imbasamento di tale opera; sono riprovati i profili dell'opera medesima; proposto altro metodo di fondazione ed altri profili.

Riconoscenti noi per nostra parte, come confidiamo lo sarà il paese, delli continui lodevoli sforzi che fa l'onorevole colonnello per migliorare tutti i grandi progetti di pubblico interesse proposti per Genova,

e venire così in sussidio degli ingegneri che ne sono incaricati dal Governo, ci troviamo tuttavia in quest' occasione dissenzienti da molte fra le massime fondamentali svolte in quello scritto, e crediamo utile, e nello interesse dell'arte, e nell'interesse del paese, prenderle ad esame, ed esporre le ragioni che c'inducono ad apprezzarle in diverso modo, e che ci portano ad una diversa conclusione.

E prima di entrare in materia, affinchè il loro giusto valore possa meglio essere attribuito ai nostri ragionamenti, crediamo necessario il dichiarare:

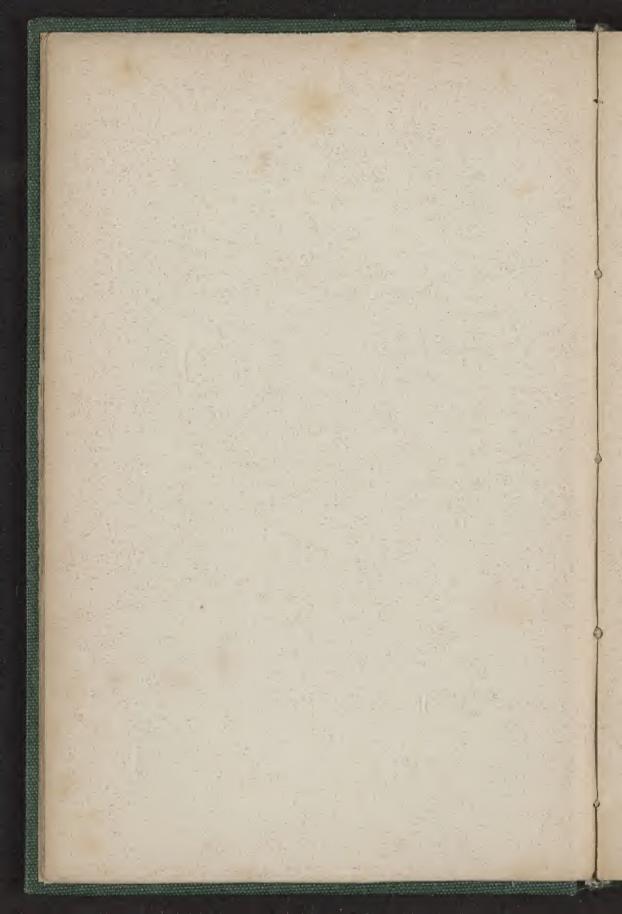
1.° Che, adottando il sistema di fondazione a scogliera pel molo di Genova, gli ingegneri del Governo adottarono un sistema praticato in tutti i tempi, e prescelto al caso nostro da speciale Commissione [1], e propugnandolo non propugnano alcuna propria invenzione, e quindi non possono aver lo spirito predominato da alcuna prevenzione, ma solo

(1) Membri della Commissione riunitasi il 3 febbraio 1852 per trattare la questione della convenienza di formare in scogliera la fondazione del prolungamento del molo nuovo del porto di Genova:

Presidente il sig. comandante gen.e della R.a Marina d'Auvare.
Membri il sig. cav.e Millelire, capit.o del porto (cap.o di vascello).
» cav.e Pelletta, com.e la scuola di marina idem.
» conte Persano, capitano di vascello.
» cavaliere Bianchi Giovanni, capitano marittimo.
» signor Piaggio Erasmo idem.
» sig. Parodi Adolfo, capitano del Genio militare pel direttore dei lavori marittimi.

propugnano la verità in nome di quei sacri, e non lievi interessi della Nazione, la gestione dei quali è ad essi affidata;

2.° Che, sebbene dediti noi al servizio dei lavori de' porti, tuttavia non avemmo l'onore di essere incaricati della compilazione del progetto di prolungamento del molo di Genova, che fu affidato a mani meglio capaci, ma ci procuriamo quello di appoggiare colla morale influenza delle nostre deboli forze ed il sistema, ed i progetti adottati.

Novembre 1856.

INTRODUZIONE.

Lo scritto di cui andiamo ad occuparci esordisce dubitando della convenienza di gettare le fondamenta del molo occidentale del porto di Genova con scogliera di sassi perduti, e, come base di questo dubbio, arreca l'autorità di due ingegneri distinti, i quali tramandarono precetti, e diressero grandi opere marittime, il colonnello Emy, e l'ispettore generale Cachin, autorità dedotta da due sentenze dei medesimi, allegate nei seguenti termini:

Di Emy la prima:

Cinquant'anni d'esperienza non hanno dato ancora di trovar modo, che la diga di Cherbourg presenti una tale stabilità da allontanare ogni qualunque timore di pericolo per l'avvenire;

L'altra di Cachin:

Che s'è in potere dell'uomo lo accumulare un monte di sassi sul fondo del mare, il mare solo ha la possanza di consolidarli opportunamente in buona massicciata.

Procediamo ad esaminare il valore delle due autorità allegate, e vediamo qual peso debbasi attribuire alle medesime per giudicare di un sistema di fondazione in scogliera bene eseguito, e quale conclusione se ne debba trarre per l'esito della fondazione del prolungamento del nostro molo.

Emy, nella sua opera sul moto delle onde (1), cita, siccome esempio dell'eccellenza delle fondazioni a pietre perdute, le gittate di Malaga, Castellamare ed Atene fatte dagli antichi, ed esistenti da molti secoli, e rimprovera acerbamente i moderni ingegneri di non aver seguito siffatti esempi nella costruzione della diga di Cherbourg, dove, se fossero stati imitati, si sarebbe ottenuto un eguale ottimo risultato.

Egli dice a questo riguardo: (2)

Si venne adunque ad eseguire una diga a pietre perdute, che sola restò, i coni essendo intieramente spariti. Ma per effetto di una sorprendente dimenticanza dei principii dell'arte e degli ammirabili esempi lasciati dagli antichi, invece di costrur questa diga con massi

(1) Du mouvement des ondes et des travaux hydrauliques maritimes, p. 136 - Paris 1831.
(2) P. 134 idem.

inamovibili di roccia, si continuò a farla interamente di pietre di un quinto di piede cubico, simili a quelle, che erano state versate nelle casse coniche, e che doveano trovarvisi protette.

Conseguenza di questa difettosa costruzione fu, che l'opera, a vece di sortire un esito simile a quelle degli antichi citate, lo ebbe tale, che indusse l'autore ad esclamare: (1) *E l'arte è certamente restata inferiore d'assai in questa parte alla pratica degli antichi, poichè, a malgrado di cinquant'anni di studi e d'esperienza, si cerca ancora in oggi il mezzo di assicurare ai materiali della scogliera di Cherbourg una stabilità, che faccia cessare ogni tema per lo avvenire.*

La conclusione di queste due sentenze di Emy ora poste a contatto si concreta in poche parole: se la diga di Cherbourg fosse stata eseguita col sistema in scogliera praticato convenientemente, e giusta i buoni esempi degli antichi, avrebbe avuto un ottimo risultato, conclusione la quale, invece di arrecar dubbio sull'esito della fondazione del molo di Genova, ed indurre ad abbandonare il sistema a scogliera, serve di appoggio per consigliare a seguirlo, ed a confidare in un buon risultato, se il sistema venga convenientemente praticato.

Vedremo a suo tempo, che a Genova piucchè altrove la natura offre le più favorevoli condizioni

(1) P. 135.

per applicare il sistema, come da Emy era desiderato, e costrurre l'opera nostra, ad imitazione di quelle degli antichi, con massi inamovibili di roccia.

Passando all' autorità di Cachin, la sentenza allegata c'insegna, che l'ultima e definitiva sistemazione de' massi, la loro disposizione sul letto di posa più stabile, è fatta dal mare stesso, il quale, in questo unico sistema, concorrendo colla sua potenza medesima a perfezionare la conformazione delle scogliere, ed a consolidarle opportunamente in buona massicciata, compie l'opera che la potenza dell'uomo ha abbozzata, sentenza tutt' altro che atta a dare un' idea sfavorevole del sistema di fondazioni a scogliera.

Che tale sia il significato della sentenza di Cachin lo caviamo più esplicitamente, ed in modo che non ammette dubbio, da altro passo dello stesso autore là dove dice: (1)

C'est ainsi que l'action des vagues, que l'on avait considéré jusqu'alors comme une cause de destruction, est devenue un principe de construction et de solidité.

Confessiamo poi la sorpresa, che abbiamo provato nel vedere prodotta a fondamento di riprovazione del sistema delle fondazioni a scogliera l'autorità dell'illustre Cachin. Ebbe questi per venti anni l'alta direzione dei lavori della diga di Cherbourg, e coll'esempio, e colle massime consegnate nella memoria che lasciò

(1) Cachin-Mémoire sur la digue de Cherbourg. Paris 1820, pag. 23.

scritta intorno a quella opera memorabile si mostrò costante propugnatore del sistema di fondazioni a scogliera, a malgrado delle peripezie molte alle quali andò soggetta quell' opera, e delle gravi difficoltà che si dovettero incontrare nello eseguirla anche durante la stessa di lui gestione.

Distrutte le prime casse che dovevano servire alla costruzione della diga, egli esclama con soddisfazione: trionfò il sistema delle dighe a pietre perdute. (1)

La distruzione successiva delle casse coniche fece trionfare il sistema delle dighe a pietre perdute, che da quel punto fu considerato come il solo mezzo di costruzione da usarsi con qualche speranza di riuscita.

L'autorità adunque di Cachin, tutte le ragioni vogliono che, a vece di stare contraria, debba pienamente ritenersi in appoggio del sistema di fondazioni a scogliera, e sarà altro valido argomento a bene sperare dell'esito del prolungamento del nostro molo.

Utilità, tempo e danaro, dice col Cialdi l'illustre colonnello Sauli, *debbono essere i moventi principali nella scelta d'ogni progetto, e per le infelici condizioni del nostro porto il tempo è quello di maggior importanza.* Sentenza che ci sembra abbastanza bene applicata al caso nostro, e speriamo, che dalla presente esposizione, in cui passeremo a rassegna i sistemi di fondazione dei moli, ponendoli a parallelo, risulterà provato ad evidenza che, colla scelta del sistema e

(1) Cachin, pag. 6.

de' progetti adottati, furono posti a calcolo i tre elementi, utilità, danaro e tempo.

Ma frattanto domandiamo a noi stessi: fu meglio tenuto conto di questi tre elementi, e segnatamente del tempo, quello di maggiore importanza, nelle nuove proposte presentate collo scritto di cui ci stiamo occupando? È ciò di cui andiamo a vedere un primo saggio.

Per soddisfare ai bisogni, ed ai voti del paese, l'Amministrazione dei lavori pubblici commetteva fino dal 1852 la compilazione di un progetto di prolungamento del molo occidentale del porto di Genova, ed a seguito del parere di apposita commissione stabiliva che l'opera sarebbe fondata sopra scogliera.

Da più anni queste disposizioni sono conosciute dal pubblico, la Associazione marittima mercantile ligure se ne occupò pubblicamente, e pubbliche interpellanze in proposito vennero fatte nella Camera dei Deputati (aprile 1854), che renderono officialmente palesi le determinazioni del Governo a tale riguardo.

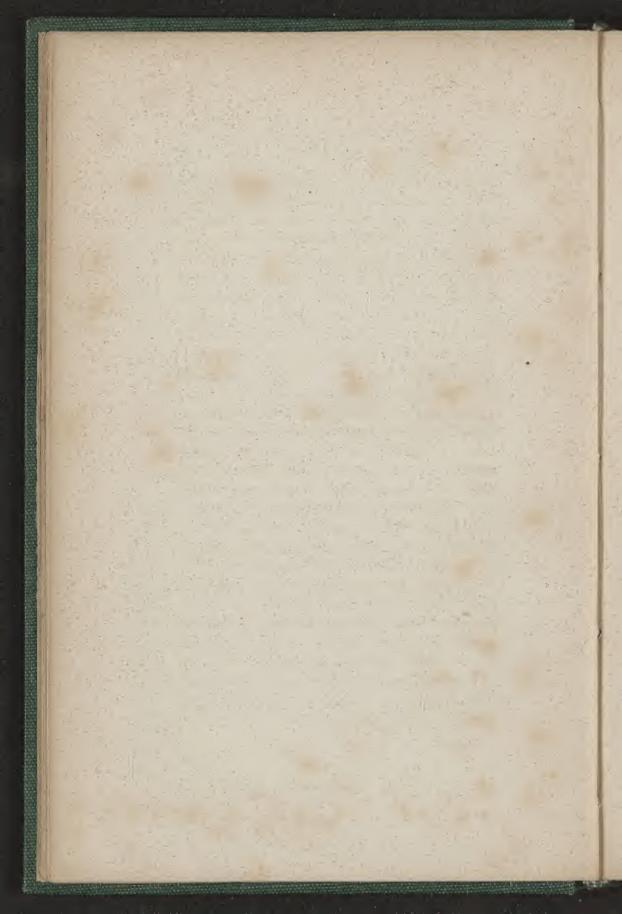
Successivamente nel mese di maggio p. p. fu presentato alla Camera dei Deputati progetto di legge corredato da calcoli e progetti d'arte, che autorizzasse la spesa per l'eseguimento dell'opera con fondazione a scogliera, e finalmente, dopo molte dilazioni e molti desiderii, emanò la sospirata legge, l'opera fu data in appalto, fu intrapresa, ed allora si venne a riconoscere essere pericoloso il sistema di fondazione

adottato, male immaginati i progetti, e si proposero al Governo e metodi e progetti migliori! Supponiamo che questi la Amministrazione si disponesse ad adottare.

Sciolta, mediante grave indennità a carico dello Stato, la impresa attuale, sistemati ed approvati i nuovi progetti, aumentate con essi le somme da spendersi, sarebbe d'uopo presentare alla sanzione dei Poteri legislativi nuova legge che autorizzi le variate somme occorrenti, e, compiute quindi tutte le formalità amministrative che devono condurre alla combinazione di una nuova impresa, si potrebbe procedere finalmente all'eseguimento dell'opera.

Frattanto tutte le disposizioni di dettaglio, lunghe a descriversi, che la legge prescrive a farsi, esigerebbero al certo il lasso di un altro anno di tempo perduto, ed anzi non solo verrebbe ritardato d'un nuovo anno lo eseguimento dell'opera, ma la formazione stessa della medesima sarebbe nuovamente posta in dubbio colla presentazione della legge, che un' altra volta dovrebbe approvarla, legge che, in mezzo alle discordi opinioni, potrebbe venir rigettata.

Questo sarebbe il risultato, cui si andrebbe incontro, adottando le nuove proposte che furono presentate adesso, rigettando il bene colla speranza di un meglio, che è ipotetico, e che speriamo dal presente scritto risulterà insussistente.

Se questo sarebbe utilizzare il tempo, ed applicare convenientemente la sentenza del Cialdi, noi ci asterremo dal portarne giudizio.

CAPO I

SISTEMI DI FONDAZIONE DE' MOLI.

1.° Vari sono i sistemi di fondazione delle opere in mare: non essendo quì il caso di fare un trattato di costruzioni marittime, ci limiteremo ad esaminare quelli, che si usano più comunemente per la fondazione dei moli esterni de' porti situati in posizioni esposte alla violenza delle onde, come sarebbe il molo di cui ci occupiamo.

2.° Questi sistèmi sono tre: (1)

1.° Sistema a massi perduti di pietra naturale, od artefatti; (2)

2.° Sistema a cassoni con fondo in legno o metallo;

3.° Sistema a cassoni senza fondo in legno o metallo.

(1) Sganzin - Programme d'un cours de construction - Liège 1840-41, vol. II, pag. 329.

(2) Minard - Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer - Paris 1846, pag. 82.

Il colonnello Sauli, nello accennare [1] i sistemi di fondazione de' moli che hanno generalmente la preferenza, stabilisce che sono tre:

1.° Fondazioni a scogliera di sassi perduti;

2.° Fondazioni a cassoni con fondo;

3.° Fondazioni di cantoni artefatti. Notiamo la enunciazione diversa da quanto riferiscono gli autori, soltanto per accertare che, mentre egli stabilisce una differenza essenziale fra le gettate di sassi naturali, e quelle a massi artificiali, tale da farne un sistema distinto, questa differenza non sembra ammessa dagli autori, i quali ritengono i due modi come varianti di un medesimo sistema. [2]

3.° Questi sistemi possono essere impiegati separatamente o promiscuamente.

4.° Molte condizioni concorrono a determinare nei singoli casi la preferenza che si dà ad uno di questi sistemi; le principali sono:

L'azione del mare nel luogo dove vuol essere stabilita la fondazione;

I materiali disponibili a prezzi moderati nella località;

I mezzi più facili d'eseguimento, e di manutenzione che si hanno nella località medesima;

Il prezzo iniziale della costruzione con ciascuno dei metodi, e la spesa della successiva manutenzione.

(1) Pag. 6, Cenni pratici sulla costruzione, ecc.
(2) Minard, pag. 82.

5.º Colla scorta di questi precetti sarà agevol cosa determinare il sistema, che sarà applicabile con maggiore convenienza, e probabilità di buon esito, quando si conoscano le particolarità e le condizioni vantaggiose, o meno favorevoli, di ciascuno dei medesimi.

FONDAZIONI A MASSI PERDUTI DI PIETRE NATURALI, OD ARTEFATTI.

6.º La fondazione a massi perduti di pietre naturali, giusta il nostro illustre [1] Cavalieri San-Bertolo, *consiste nel radunare quantità di scogli di mole ragguardevole sull'area della fondazione, gli uni addosso gli altri fino ad un' altezza tale sotto al livello delle acque magre, che vi si possa stabilire una massa unita di muramento in bitume e sassi, sovra la quale, spianata a livello, si stabilisce il primo strato di pietra da taglio destinato a ricevere sovra di sè fuori dell'acqua la continuazione della muratura coi metodi ordinari.*

7.º La maniera di fondare a scogliera, siccome è la più semplice e facile, così sta nella natura

(1) Istituzioni di architettura, ecc., Napoli 1840 - Cavalieri vol. II, pag. 44.

delle cose che rimonti alla più remota antichità, e Belidor [1], il gran maestro in architettura idraulica, è d'avviso, *che fosse molto usitata dagli antichi che non hanno trovato mezzi più sicuri, e più comodi per istabilire le grandi opere che eseguirono nei loro porti.*

8.° Questa opinione intorno all'antichità de' moli in scogliera è pure espressa da Reybell [2], ed è generalmente ammessa siccome la più conforme a ragione.

Noi, astenendoci dal fare di una discussione d'arte una questione di archeologia, per accertare quanto sia antica l' origine delle fondazioni a scogliera, argomento che poco influisce sulla bontà del sistema, procederemo oltre, e, tacendo degli altri mirabili porti con moli fondati a scogliera dagli antichi, perchè non più esistenti, e dei quali si può trovar descrizione in Belidor [3], ci limiteremo ad accennare, che il solo tramandatoci è quello di Civitavecchia costrutto sotto l' impero di Trajano, i cui tre moli esistono tuttora, mentre niun altro molo abbiamo dei moltissimi edificati sotto il romano impero con altri sistemi. Questa circostanza varrebbe già da per sè a darci una giusta idea della solidità, e durata de' moli fondati a scogliera, ne' quali la

(1 Architettura idraulica, Mantova 1837, pag. 120, vol. IV, Belidor.

(2) Vol II, pag. 267 idem, citata opera di Sganzin.

(3) V. IV, p. 24, idem.

fondazione, invece d'essere corrosa dal tempo, come accade a tutte le fondazioni praticate con altro sistema, collo scorrere degli anni maggiormente si consolida, e diventa pressochè indistruttibile.

La consolidazione delle scogliere per opera del tempo è un fatto che Belidor [1] ci consegna nei seguenti termini:

In questi ultimi tempi alla barriera di Baiona si ebbero le gravi difficoltà a distruggere alcune estremità di dighe fatte anticamente a pietre perdute; si trovarono tanto indissolubili come se fossero state legate col migliore cemento. Si osservò nello staccarle, che la cagione principale della loro unione era un limo nero e glutinoso sparso di piccole conchiglie e di erbe, i cui sali verosimilmente si attaccavano a quelli della pietra, il che avviene specialmente quando è alquanto spugnosa.

9.º Dai tempi di Traiano per molti secoli nella storia non troviamo consegnata precisa memoria nè di opere fatte in alcun porto, nè con quali sistemi fossero fatte eseguire; sappiamo soltanto che in epoca più recente (1283) la fondazione a scogliera fu praticata nel molo vecchio del porto di Genova, successivamente, dopo il 1553, in un altro tratto dello stesso molo per la lunghezza di 600 passi. Al porto di Malamocco da San Micheli nella seconda metà del secolo XVI, e più tardi nel molo nuovo

(1) V. IV, pag. 124, idem.

pure del porto di Genova (1638), quindi nei moli di Cette, Barcellona, Cadice e Valenza, alla gran diga di Cherbourg, a quelle di Plymouth, e di Delawere, a Palermo, ad Odessa, ecc., ed in tempi recentissimi alla diga di Malamocco, ai porti di Holyhead, Portland, Marsiglia, ecc. ecc.

10. Senza dilungarci alla enumerazione di moli fondati a scogliera, che formano quasi il totale numero de' moli conosciuti, e senza entrare in alcun particolare riguardo a' medesimi, essendo nostra mente di dedicare uno speciale capo all'analisi di alcune delle più importanti di queste opere, ci basterà intanto accertare, che il sistema di fondazioni a scogliera, meno poche eccezioni insignificanti, può dirsi usato esclusivamente in tutta l'Europa.

Questo modo di fondazione, dice Cavalieri [1], *è particolarmente usitato nelle costruzioni de' grandi muraglioni o moli de' porti sulle spiaggie del Mediterraneo.*

Nel Mediterraneo e nel Baltico, dove i dislivelli delle maree sono pressochè nulli, si è usato generalmente il sistema a scogliera per le fondazioni artificiali dei moli. Così esprimesi Sganzin [2], il quale ci offre altresì una tavola [3] de' principali moli esistenti in diverse parti del mondo, da cui si rileva, che nella stessa Italia, all'epoca recente in cui l'opera era ristampata da Reybell, sopra 17 moli esistenti, 16

(1) V. II, pag. 44, idem.
(2) V. II, pag. 330, idem.
(3) V. II, pag. 340 e seg.

erano fondati a scogliera, e un solo a cassoni con fondo, contrariamente a quanto il colonnello Sauli asserisce, e per nostra istruzione ameremmo sapere sopra qual fondamento [1], che le fondazioni a cassoni sono usate quasi generalmente ne' porti italiani.

Ricaviamo poi da uno scritto del sig. De Lesseps [2], che l'avviso dei più distinti ingegneri Inglesi favorevole alla fondazione dei moli a scogliera ha prevalso in quel Parlamento, e che in conformità di questo *tutti i moli de' porti in costruzione in Inghilterra si stabiliscono con sistema di massi naturali versati in mare con determinate pendenze.*

11. Questa decisa preferenza data al sistema di fondazioni a scogliera in tutti i paesi, specialmente nei più avanzati nelle arti, ed abituati alla pratica di grandi lavori idraulici, e da tutti gli ingegneri più distinti, ci sembra un nuovo ed indeclinabile argomento in favore di questo sistema.

12. Abbiamo detto, §. 9.º, che il sistema di fondazione a scogliera fu praticato nel molo vecchio del porto di Genova, ed essendo che questa verità fu oppugnata, prima di procedere intendiamo giustificare l'asserzione, affinchè niuna cosa di fatto da noi riferita possa, per quanto dipende da noi, restar revocata in dubbio.

(1) Cenni pratici, ecc., pag. 6.
(2) Percement de l'Istme de Suez, pag. 122 - Paris 1855.

13. Già nella prolusione al progetto di legge presentato alla Camera dei Deputati nella tornata 5 maggio 1856 venne accennato, che: *la prima e principal parte del molo vecchio intrapresa fino dal 1283 veniva appunto fondata sopra una gittata di grandi massi naturali di cava, ossia sopra scogliera.*

L'onorevole colonnello Sauli ha creduto rilevar dalla storia, che quest'opera è stata fondata da Marino Boccanegra da Perugia (1) non sopra scogliera, ma bensì sopra una costruzione a secco di grossissime pietre, rafforzata poi esternamente con scogliere, e crede in questo senso debbasi rettificare lo asserto nella prolusione. A comprova di quanto afferma egli arreca il brano dello storico Uberto Foglietta, ove dice descritta l'opera nei seguenti termini:

Alcuni dicono che quest'anno mille dugento ottantatrè fu dato principio allo smisurato molo, il quale scorrendo da terra ferma in alto mare aperto, fa loro sicura stanza, opera fra le altre d'Italia ammirabile, principalmente per la meravigliosa fabbrica, i cui fondamenti son fatti di scogli di smisurata grandezza, interi e grossi quanto si stende la larghezza di tutta la fabbrica, tratti dalle viscere dei monti, ed in ispazio di molti anni con malagevoli e faticose maniere colà condotti, e ammassicciati in altezza smisurata, e di poi dallo impeto delle onde per lo spazio di molti anni congiunti fra loro come in soda composizione; e quella

(1) Sauli, pag. 19.

parte dell'opera che avanza fuori dell'acqua è tutta fatta di sassi quadri molto grossi e pesanti, di un pezzo, ed a piè di essa, dalla parte di dentro, vi è un'altra fabbrica più bassa per ricevere le mercanzie. Ma il lato di fuori è difeso dall'impeto dell'onde marine col medesimo ammassamento di smisurati scogli che avanzano fuori dell'acqua, della quale le onde rotte percuotono la fabbrica senza verun pericolo di rovina, che senza questo riparo si disfarebbe.

Quindi, con sottile ed elaborata dissertazione, basata sopra i due termini ammassicciamento ed ammassamento usati, il primo ad esprimere il modo in cui venivano disposti gli scogli, che formavano la fondazione, ed il secondo quelli che erano posti esternamente a riparo dell' opera, deduce come cosa evidente, che la fondazione costrutta in iscogli ammassicciati fosse una fabbrica a secco, e non una scogliera, e che invece vera scogliera fosse quella esterna di scogli ammassati, ovvero versati a sacco.

14. La nostra insufficienza, confessiamo, non ci permette di restare convinti da tale conclusione, non sapendo persuaderci in qual modo si potesse formare una muratura a secco di scogli in fondo al mare in un secolo, in cui non erano conosciute nè campane da palombaro, nè scafandri, nè casse ad aria compressa, o simili macchine, dei quali mezzi si serve l'arte moderna per far lavori sott'acqua, e ci sembra invece di riconoscere nel modo descritto,

con cui furono fatte quelle fondazioni, e quelle scogliere di difesa, niente altro, che il solito modo in cui si fecero sempre simili scogliere bene eseguite, con diligenza cioè come insegnano Belidor [1] e Cavalieri [2], come vien praticato in ogni accurata costruzione, e come prescrivono i capitolati d'impresa pel molo di Genova, ed in questa nostra opinione ci è grato trovarci bene appoggiati, posto che non la sola prolusione 5 maggio ritiene quest'opera fondata a scogliera, ma con tale fondazione la troviamo pure indicata dall'ingegnere Gardella in un piano, dopo le più diligenti ricerche, stampato nel 1849, nel quale sono segnati i generi di fondazione di tutte le opere del porto, e lo Sganzin [3] ce lo descrive fondato a scogliera, e fondato in tal modo trovasi pure indicato nei documenti stampati dal sig. di Lesseps [4], e probabilmente avremmo avuto concorde in questa opinione lo stesso illustre opponente, il quale forse non avrebbe fatto una dissertazione in proposito, se, a vece di consultare il riferito brano di storia nella traduzione elegante e libera del fiorentino Serdonati, dove si trovano usati i termini *ammassicciati ed ammassati*, termini che furono il fondamento della sua dissertazione, avesse

(1) Pag. 123, vol. IV, idem.
(2) Pag. 44, vol. II, idem.
(3) Pag. 342, vol II, idem.
(4) Percement de l'Istme de Suez-Paris 1855, pag 122-179.

consultato direttamente l'originale del Foglietta[1], che di quei termini non fa motto. Ecco il passo originale latino:

Sunt qui tradant hoc anno (1283) *opus immensae molis incohatum, quod a continente in altum procurrens portum facit, navibusque ab impeto aperti maris obiectu suo tutam stationem praebet, opus inter cætera Italica admirabili structura sua in primis visendum, cuius fundamenta solidae crassitudinis quanta totius structurae est latitudo, scopuli sunt vastae magnitudinis ex montium visceribus erecti perque multos annos difficilibus, ac laboriosis subvectionibus eo congesti* (uniti e non ammassicciati)[2] *in immensam altitudinem coacervati* (sovrapposti) *ac deinde impetu fluctuum multorum annorum spatio velut solida structura inter se compacti. Structura quae ab undis exstat, solidae crassitudinis ex saxo quadrato tota est; cuius radices ab interiore parte humiliore alia structura marginantur ad merces expositas commodius excipiendas.*

Exterius latus eadem vastorum scopulorum congerie (colla stessa congerie di scogli) *ab undis extante ab impetu fluctuum communitur, qua infracti nullo ruinae periculo structuram quatiant, aliter haud dubie ruituram, cuius operis architectum fuisse Marinum Buccanigram ferunt.*

L'originale adunque dice a chiare note, che la fondazione del molo fu fatta semplicemente di *grandi*

(1) Anno 1283.
(2) *Congestus* a mucchi senz'ordine - Vedi Dizionario.

scogli accumulati e sovrapposti, e che la scogliera esterna fu fatta pure *collo stesso accumulamento di scogli*: espressioni assai diverse nella sostanza da quanto il colonnello Sauli intendeva doversi concludere dai termini usati nella traduzione del Serdonati, e che non lasciano luogo a dubitare essere stata questa fondazione praticata a semplice scogliera.

15. A togliere ogni ombra di dubbio a questo riguardo addurremo un'ultima prova, l'asserzione di un insigne maestro nell'arte, il Milizia, che speriamo non ammetterà replica.

Nelle sue memorie degli architetti, parlando di Marino Boccanegra *genovese*, egli dice [1]: *Diede principio nella sua patria alla gran fabbrica del molo, per fondamenta di cui gettò in mare sassi smisurati presi dalle montagne vicine.*

Ma per soprappiù nelle memorie medesime, vita di Galeazzo Alessi [2], troviamo: *slungò il molo più di 600 passi entro mare, gettando nel fondo montagne di sassi per fondamento.*

16. Da questi passi del Milizia quindi ricaviamo, che, non solo fu fondata a scogliera la prima parte del molo di cui si discute, intrapresa nel 1283, ma lo fu pure il successivo prolungamento eseguito dallo Alessi per la totale lunghezza di 600 passi, e compiuto nell'anno 1553.

(1) Edizione di Bassano, 1785, p. 105, vol. I.
(2) Idem p. 10, vol. II.

17. Concluderemo adunque, che la prolusione 5 maggio 1856 affermando la prima parte del molo vecchio essere stata fondata in scogliera, asseriva una cosa di fatto, ed essere invece erronea la proposta rettificazione.

Ciò accertato, a prova di quanto abbiamo asserito intorno alla fondazione di questo molo, posto termine a questa troppo lunga, ma necessaria digressione, torniamo in argomento.

18. Il precetto generale che accenna, §. 6, in che cosa consista una fondazione a scogliera, è applicato ordinariamente, o meglio può essere applicato in diversi modi, e con minore o maggiore perfezione a seconda delle circostanze, e dal modo di sua applicazione dipende appunto la riuscita, e la stabilità dell'opera, e della sovrastruttura murale che d'ordinario vi si impone.

19. Pria di procedere nello esame delle leggi che regolano lo stabilimento delle fondazioni a scogliera, crediamo necessario richiamare alcuni fatti relativi all'azione delle onde, dai quali specialmente dipendono in generale tutte le fondazioni de' moli.

20. L'altezza ordinaria fra la sommità ed il vuoto delle onde che si sviluppano liberamente è intorno a 5 metri presso Cherbourg, 7 metri nel golfo di Guascogna, e 4. 50 nel Mediterraneo. (1)

(1) Sganzin, vol. II, pag. 174, idem.

21. L'azione delle onde contro le opere d'arte che vi sono opposte varia coll' altezza delle onde medesime.

Nel Mediterraneo è dovuta all'altezza dell'onde, ed alla velocità che vi è impressa dal vento.

Nell'Oceano a queste due potenze si aggiunge la velocità impressa dalle correnti della marea.

22. In casi particolari l'agitazione del mare si spinge a profondità grandissima, siccome Bremontier (1) ha sperimentato sul banco di Terranova, dove arriva sino a 160 metri, tuttavia è dalla maggior parte degli autori ammesso (2) che, nelle circostanze ordinarie, l'azione sensibile non si estende nell'Oceano oltre gli otto metri, e nel Mediterraneo oltre i cinque al dissotto del livello del vuoto dell'onda.

23. Se però alle onde sia apposta una parete artificiale, come sarebbe la fondazione di un molo, la legge di azione delle onde ne resta alterata in forza del loro raccorciamento che reagisce sulla massa sottostante dell'acqua, l'azione si propaga ad una profondità più forte, e tanto maggiore quanto più ripida è la parete opposta.

24. L'azione delle onde nel Mediterraneo contro una superficie che vi sia opposta, è ammesso come un massimo, che sia intorno a 3800 chilogrammi per metro quadrato, dietro esperienze fatte

(1) Sganzin, vol. II, pag. 173, idem.
(2) Minard, pag. 13, idem.

ad Algeri, che è forse la costa del Mediterraneo dove il mare agisce con maggior violenza.

25. Nell' Oceano quest' azione varia entro estesi limiti, a seconda delle località, e da esperienze dirette, fatte col mezzo di apposita macchina dal sig. Thomas Stevenson di Edimborgo all' isola di Skerryvore, si ebbe per risultato massimo perfino una pressione di 30,415 chilogrammi per metro quadrato. (1)

26. La zona di massima azione delle onde nel Mediterraneo corrisponde a metri 1. 50 sotto al livello del mare, e quest' azione va decrescendo sino alla profondità di 5 metri. (2)

27. Da osservazioni dirette fatte ad Algeri (3) l'ingegnere Poirel fu indotto a conchiudere che massi del volume di 10 metri cubi, siano di sasso naturale, siano di artificiale composizione, resistono immobili alla massima azione delle onde ora descritta.

A simile conclusione fu pure indotto Minard (4) da quelle medesime osservazioni, e da altre simili fatte alla diga di Cherbourg.

28. Da questi risultati d'esperienza Minard (5) ha dedotto, che una gettata a massi perduti da 10

(1) V. Annales des ponts et chaussées 1849, vol. 17, p. 305.

(2) Intorno a questi dati sull'azione delle onde la difficoltà delle esperienze dirette lascia qualche disparità di opinioni.

(3) Poirel, pag. 5, Mémoire sur les travaux à la mer - Paris 1841.

(4) Minard, pag. 86.

(5) Minard, p. 87-94.

a 15 metri cubi di volume ciascuno acquista in breve tempo una stabilità presso che completa dovunque, e che le scarpe si disporranno con una inclinazione di 45 gradi dalla sommità al fondo del mare. Questo principio è pur confermato da Poirel per massi di scoglio di 10 metri cubi ciascuno. (1)

29. Tuttavia giusta lo stesso Minard (2), non è necessario per avere la stabilità, che l'intiero massiccio del molo sia costrutto con blocchi da 10 a 15 metri cubi, ma basta collocare una zona di questi massi nel lato esterno, contro la quale si rompa la violenza delle onde, e riempiere l'interno di pietre d'ogni dimensione, che vi restano riparate dall'azione del mare.

30. Si è detto, §. 18, che il precetto generale con cui viene insegnata la formazione di una scogliera può essere applicato con più o meno di perfezione, e da questo appunto dipende la maggiore o minore stabilità dell'opera. Può essere cioè applicato nei rigorosi termini che ora abbiamo dedotti da Minard quando si abbiano massi di sufficiente volume. Allora ciascun masso della scarpa esterna avendo la potenza di resistere individualmente alla violenza delle onde, appena scosso dalle prime mareggiate, e ridotto a posare sul suo piano di massima stabilità, la massa della scogliera conseguirà una sta-

(1) Poirel, pag. 5, idem.
(2) Pag. 94, idem.

bilità che potremo definire per massi individuali, e che non potrà in verun modo venire alterata. Tale stabilità sarà tosto fatta anche più decisa dall'appoggio reciproco che i massi addossati l'uno all' altro vicendevolmente si prestano, e che è dovuta all'agglomerazione delle masse.

31. La deficienza di osservazioni e risultati pratici d'esperienza, la difficoltà di avere dei massi di sufficiente volume, quella del trasportarli, e ragioni d'economia han fatto sì, che molte scogliere siano state formate in modo diverso da questo, che può solo dare in breve ora la necessaria stabilità.

32. Cavalieri però [1] ci fa conoscere che questa maniera di lavorazione fu praticata nel rincalzo delle scarpe delle scogliere di difesa del molo di levante, e dell'antemurale del porto di Civitavecchia, impiegandovi scogli di gran mole, alcuni perfino del volume di 30 metri cubi, le quali protette prima da minori scogli, che erano in parte dal mare tempestoso trasportati, e trascinati ad ingombrare le bocche, col nuovo rinforzo si costituirono tosto in stabile assetto.

Un ricarico simile fu da noi fatto praticare nel 1849-50 con grandi massi, assai minori però di quelli indicati da Cavalieri, a difesa della parte estrema del molo orientale del porto di Genova, disponendo gli scogli nel migliore ordine possibile, e la scogliera si conserva pressochè inalterata.

(1) V. II, idem, p. 45, idem.

Abbiamo ancora notizie di altra scogliera di enormi massi composta a difesa del molo esteriore del porto di Nizza, molti dei quali eccedenti il volume di 30 metri cubi, la quale si mantiene ugualmente stabile contro la violenza delle tempeste.

33. Una pratica simile deve essere stata seguita in tempi più remoti, forse per pura consuetudine, nella formazione delle scogliere di Malaga, Castellamare, Atene, ecc., le quali sono citate da Emy [1] e da Decessart [2] come esempi dell' eccellenza delle costruzioni a pietre perdute.

E del genere ora descritto è appunto la scogliera che si tratta di formare per il prolungamento del molo di Genova, come si rileverà dalla discussione del progetto adottato.

34. Alcune delle più importanti opere a scogliera formate in tempi moderni, avvece di essere fatte nel modo accennato, con iscogli cioè di sufficiente volume, lo furono con piccole pietre, di un volume ciascuna inferiore a quanto è necessario per resistere alla violenza delle onde, ed anco sovente di minimi sassi ricoperti appena nella zona superiore, dal lato del largo, con qualche scoglio di volume alquanto maggiore.

Di questo genere di scogliere fornisce luminoso esempio la gran diga di Cherbourg.

(1) Pag. 136, idem.

(2) Pag. 332, t. II. Paris 1808. - Description des travaux hydrauliques.

Dalla memoria di Poirel sui lavori marittimi, p. 19, confermata da Emy, Cachin, ecc., rileviamo come la intiera massa della diga, per ragioni d'economia, e per la difficoltà dei trasporti, fosse composta di minimo pietrame di un quinto di piè cubo, che venne poi protetto con alcuni scogli, il volume dei quali, inferiore ad un metro dapprima, fu portato più tardi fino a tre metri cubi.

35. Nelle scogliere formate in quel modo, i sassi non avendo il volume necessario per resistere all'impeto delle onde, quelli che vi si trovano esposti nella zona di massima azione sono travolti, e disposti dal mare stesso lungo la scarpa esterna in forma di una spiaggia artificiale a piano inclinato, esteso fino al punto, che le onde esaurendovi una parte della loro violenza arrivino ad equilibrare quel che ne resta, colla resistenza dei sassi, che stanno nella zona soggetta alla massima azione.

36. In tal modo ridotta la massa della scogliera, a malgrado dell'insufficienza dei singoli scogli, resta salda nel nucleo interno che è riparato, e viene ad acquistare una certa stabilità relativa anche nella zona esposta all'azione delle onde, stabilità che potrà dirsi per sola agglomerazione di masse, dovuta all'appoggio reciproco che i massi si prestano l'uno all'altro.

Queste scogliere nondimeno, quando devono servire per semplice fondazione, ed essere costantemente immerse, hanno di solito riuscita più o meno perfetta, ma non evvi mai a temere dell'esito loro,

e gl' ingegneri i più versati nelle costruzioni marittime non esitano a praticarle a preferenza, e con maggiore vantaggio di ogni altro sistema.

Abbiamo sott'occhio i documenti pubblicati dal Ministero dei lavori pubblici di Francia nell' anno volgente, relativi ai lavori da eseguirsi per migliorare l'entrata del bacino di Arcachon nel golfo di Guascogna, e vi troviamo, che il progetto degli ingegneri Pairier, e Droeling (l'uno ingegnere ordinario, l'altro ingegnere capo a Bordeaux), stabilisce di fare a pietra persa le dighe, che devono regolare l'entrata di quel bacino, e ciò per la ragguardevole somma di otto milioni e mezzo, componendo le gettate 1/3 con pietre scapoli, 1/3 con scogli di media grandezza del volume da 0, 25 ad 1, 50 ciascuno, ed 1/3 con massi da metri 1, 50 a 2, 50 ciascuno, e senza dubbio colla certezza, che il complesso dell'opera debba resistere solidamente alla violenza delle onde, abbenchè in quella località speciale abbiano riconosciuto, che si sollevino all'enorme altezza perfin di nove metri, e vi siano le correnti di marea.

Vi notiamo inoltre, che in ragione della distanza da cui dovrebbero cavar le pietre per quelle opere, gl'ingegneri stimano che il loro prezzo medio risulterebbe della somma enorme di 28 lire al metro cubo. (1)

(1) A Genova il prezzo medio della scogliera, compresivi i massimi blocchi, anche di 35 metri ciascuno, fu peritato intorno ad 8 lire al metro, ed ottenne anche un vistoso ribasso d' appalto.

37. Tuttavia nelle scogliere così eseguite i massi dell' estrema superficie della scarpa esterna, primi investiti dalle onde, ponno essere più o meno trabalzati nelle forti tempeste, senza grave inconveniente, tranne il logoramento dei massi medesimi, se la direzione delle onde è normale alla scogliera; ma se le onde la investono in senso obliquo, a misura che l'obliquità cresce, i massi possono scorrere longitudinalmente lungo la scarpa, ed essere tratti per una certa estensione ad ingombrare le bocche del porto.

38. Tale è l'effetto appunto che, nelle scogliere dell'antemurale e molo di levante del porto di Civitavecchia, §. 32, portava gli scogli ad ingombrare le bocche finchè i massi erano di piccolo volume, e che cessò affatto quando s'impiegarono scogli del volume necessario.

39. L'ingegnere Poirel [1] ragionando delle scogliere eseguite per lo addietro, una gran parte delle quali, anche ne' luoghi più esposti, egli dice, formate con sassi di un volume da 0, 20, a 2 e 3 metri cubi, viene alla conclusione che questi massi sono agitati e sconvolti, e qualunque sia la scarpa a cui vengono ridotti dal mare, sono pur tuttavia smossi sempre dalle onde, non arrivano mai ad uno stato di immobilità assoluta, e si logorano in breve tempo.

(1) Mémoire sur les travaux à la mer - p. 15.

40. Con questi principii generalizzando egli arriva ad una conclusione sfavorevole al sistema delle fondazioni a scogliere; ma pur sempre di quel sistema praticato con massi non maggiori di tre metri cubi, i quali è assai probabile che esposti a mareggiate violenti siano incapaci a resistere.

41. I ragionamenti dell' ingegnere Poirel, e le conseguenze che ne deduce, le quali si verificano entro certi limiti, come già abbiamo notato, se sono applicabili alle scogliere fatte con massi insufficienti, non lo sono al certo per quelle praticate con massi di maggior mole.

42. Per queste, specialmente quando siano composte con massi superiori ai 10 metri cubi, ed anco del volume enorme sino ai 35, come s' intende fare pel molo di Genova, abbiam già detto, ma pur giova ripetere, che dalla memoria stessa dell' ingegnere Poirel ricavasi un' opposta dottrina là dove dice a pag. 5 (1) che se avesse potuto ottenere massi

(1) *Nota.* Ecco il passo originale di Poirel a ciò relativo:
Ce déplacement considérable des blocs qui tendait à les rejeter dans le port, était un vice capital qui devait faire renoncer au système *ordinaire* des enrochements. Le seul moyen de ne pas retomber dans la faute que l'on venait de commettre consiste à n'employer, au lieu de blocs d'un volume de 0.30 à 4 mètres, sous le-quel ils étaient déplacés par la vague, *que des masses de dimension telle, qu'elles pussent résister à son action et rester immobiles*, ce qui était possible, puisque cette action étant proportionnelle à la surface choquée, tandis que la résistance du bloc croit comme son cube, il y a nécessairement

di vivo scoglio di soli 10 metri cubi, i quali nel mar tempestoso di Algeri già resistono immoti, egli avrebbe in tal modo assicurata la stabilità di quel molo; caviamo, dico, che una scogliera fatta con massi superiori a 10 metri cubi ciascuno risulta invariabile e di tutta stabilità.

43. Questa nostra deduzione la troviamo nuovamente, e più esplicitamente convalidata da altra sentenza dello stesso distinto ingegnere [1] là dove, rigettando la proposta di Emy, il solo mezzo di assicurar la solidità delle opere in mare essere quello di dare alle medesime un profilo concavo dalla parte del largo, afferma, che, per avere una solidità a tutta prova, basta impiegare de' massi di un volume sufficiente.

Partendo da questo fenomeno i fiotti di fondo (egli dice) *come da un principio innegabile, Emy arriva a questa conclusione, che il solo mezzo di stabilire opere in mare, che abbiano durata, sia di dare alle medesime, dal lato del largo, un profilo concavo; asserzione mal fondata, poichè basta, per ottenere una solidità a tutta prova, di non impiegare che massi di un volume sufficiente.*

44. Formata una scogliera, l'esperienza ha dimostrato, e gli autori concordemente ammettono, che

un point où cette dernière doit l'emporter. Cette limite fut d'abord fixée à 20 mètres cubes, *mais il a depuis été reconnu que sous un volume de dix mètres le bloc restait déjà immobile, etc., etc.*

(1) Pag. 24, idem.

nel prendere il suo stabile assetto vien ribassando di una quantità notevole. Questo ribassamento rapidissimo nel primo anno (1) diminuisce progressivamente nel secondo e terzo, diventa insensibile dopo il quarto.

45. Indi, quando ad una scogliera deve essere sovrapposto un molo in istruttura murale, concorrono gli autori nel precetto, che si debba attendere a stabilirlo dopo il primo anno, quando cioè il massimo cedimento ha avuto luogo.

Cavalieri dice a questo riguardo (2): *avanzata la scogliera fino ad un metro o poco più sotto il pelo basso nel mare, e colmatine gli interstizi con sassi minuti, si deve lasciar passare un anno prima di venire alla costruzione della piattaforma in muramento di bitume, affinchè in questo tempo, per le scosse del mar tempestoso, gli scogli prendano le posizioni più confacenti al vicendevole loro contrasto, ed il sistema giunga perfettamente ad assettarsi.*

46. L'esperienza adunque, ed i principii teorici concordemente insegnano, che una scogliera composta con massi di sufficiente volume resiste perfettamente contro la violenza delle onde; che dopo un anno, e per maggior prudenza, se vuolsi, dopo due anni, ha stabilità sufficiente a reggere un molo in muratura che vi sia sovrapposto.

(1) Sganzin, pag. 271, idem, v. II.
(2) V. II, pag. 44, idem.

47. Abbiamo già accennato, ciò che d'altronde è agevole il riconoscere, che il sistema di fondazione a scogliera è il più facile e semplice.

È sempre praticabile in tutti i luoghi, per quanto riguarda lo stato del mare, sia tranquillo, sia con frequenza tempestoso, perchè, eccetto ne' momenti in cui la tempesta infierisce, sempre si possono versare gli scogli occorrenti, e quindi necessariamente risulta di più celere esecuzione a fronte di ogni altro sistema, che ha d'uopo di calma per essere praticato.

Può usarsi colla stessa convenienza e nello eseguimento di opere che partano da terra, ed in opere isolate, essendo il solo cui non occorrano superficie, o cantieri di lavorazione sul luogo dell'opera.

In ogni caso in cui esistano pietre entro una zona di una distanza non eccessiva sulla costa, torna sempre più economico d'ogni altro sistema in ragione del prezzo vile della materia ond'è composto.

Ha poi un vantaggio essenziale in molti casi, ed è la specie d'indistruttibilità delle dighe a pietre perdute all'azione delle mine in caso d'attacco del nemico. (1)

Questa condizione propria del solo sistema a massi perduti di sasso naturale od artefatti è preziosa nei nostri tempi, ne' quali l'arte delle mine sottomarine ha fatto prodigi in grazia dell'elettricismo,

(1) Sganzin, vol. II, p. 267.

quando il molo da costrursi debba servire di batteria in una piazza di guerra come il molo di Genova.

In fine questo sistema è il meno soggetto ad avarìe nel tempo delle costruzioni.

48. È facile convincersi anche dell'ultima verità ora accennata, che questo sistema cioè, è quello che va soggetto ad avarìe di minore rilievo quando si rifletta al modo con cui è praticato.

Stabilito che i scogli dai quali vuol essere formata la scarpa esterna, che sostiene l'impeto delle onde, siano tali da resistere individualmente alla massima forza delle medesime, quando in corso di costruzione l'opera sia colta dalle tempeste, o la scogliera si troverà depressa dal livello del mare più di 5 metri, dove è poco sentito l'effetto delle onde, ed i massi non potranno venire alterati, o si troverà innalzata sino alla zona di massima azione, ed i massi che han pure il volume necessario a resistere, saranno scossi sulla loro base, se non hanno una stabile giacitura, e ridotti sul loro letto di posa più resistente, nè mai potranno essere dispersi, o travolti come sassi leggieri.

E quando pur fossero trasportati alquanto verso l'interno, prima di sortire dallo imbasamento dell'opera, trovandosi in profondità dove più non agisce la massima azione delle onde, il movimento di dislocamento cesserebbe, e questi massi resterebbero ancora compresi nel profilo dell'opera.

49. Abbenchè non abbiamo ancora richiamato alcuna particolarità degli altri due sistemi di fondazione a cassoni, possiamo fin d'ora accennare una circostanza a tutti nota, cioè che in questi l'opera si forma a grandi masse, collocando un cassone alla volta, che nelle grandi opere è di colossali dimensioni, cassoni i quali, se colti da una tempesta vanno inesorabilmente perduti, e nel valutare i danni, le migliaia di lire si contano a centinaia.

50. Ricordati i pregi, toccheremo adesso dei difetti del sistema di fondazione a scogliera, e qui dovremo essere assai più brevi. Accennate le avarìe cui nella ipotesi più sfavorevole potrebbe andare soggetto nel tempo della costruzione, altro inconveniente non troviamo se non quello che la stabilità nei primi tempi non è perfetta.

Stabilita la sovrastruttura, quando sia trascorso anche il secondo anno da che venne formato l'imbasamento, abbiamo veduto, che tuttavia lievissimi cedimenti accadono ancora e nel terzo e nel quarto anno, i quali ammettiamo, se vuolsi, che in casi straordinari, ed in alcun punto, possano essere anche alquanto più notevoli, il risultato non di meno si ridurrà a lieve danno; potranno cioè accadere leggiere deformazioni, ed ondulazioni nell' orizzontalità dei primi strati dei conci della sovrapposta muratura, deformazioni che verranno compensate negli ultimi strati, i quali si collocheranno espressamente
[illegible]

nella sovrastruttura della diga di Cherbourg: potranno occorrere lievi riparazioni alla massa della sovrastruttura richieste da sconnessioni di qualche parte della medesima, cose tuttavia sempre di poco rilievo, e di niun detrimento alla solidità dell'opera.[1]

51. Richiamati i precetti che servono di base nella pratica del sistema di fondazione a scogliera al modo come noi lo intendiamo, e che ci sembrano dedotti dalla esperienza, dall'esame delle opere eseguite, e dai precetti degli autori, e valendoci dell'appoggio dei medesimi passeremo ora a ribattere alcuni appunti, che dal colonnello Sauli sono apposti al sistema in generale, e più specialmente al sistema applicato al molo di Genova. Sono questi in gran parte dedotti da meno esatte osservazioni fatte sopra due delle più grandi opere eseguite in scogliera nei tempi moderni, la diga di Cherbourg, ed il Frongifietti di Plimouth, e per questa ragione avremmo desiderato poterci occupare di tali appunti, dopo che avremo dato qualche cenno di queste opere, tuttavia questo ci sembra il luogo più acconcio per ragionarne, e lo faremo, rimandando al relativo capo, ove se ne tratta, per quello che da noi verrà asserito in relazione colle due grandi opere ora ricordate.

52. Gli appunti di cui andiamo ad occuparci, se non andiamo errati, si possono riepilogare nei seguenti termini:

(1) Sganzin, vol. II, p. 273.

a) *Che le scogliere per lungo tempo non presentano sufficiente stabilità, e che quindi lo affidare la protezione del nostro commercio ad un lavoro di questo genere è un affidarsi imprudentemente ad un pericoloso giuoco di sorte.*

b) *Che le scarpe delle scogliere hanno sempre una mobilità, la quale non sarebbe impedita neppure dai grossi massi, di cui s'intenderebbe di caricare quella del molo di Genova.*

c) *Che in forza di questa mobilità le scogliere si struggono, e quindi occorrono monti di sassi, e larghe somme di danaro per mantenerle.*

d) *Che le scogliere delle scarpe, in forza della loro mobilità, andranno immancabilmente ad ingombrare la bocca del porto.*

e) *La testata del molo è progettata senza alcun ritegno, e quindi sarà esposta ad immancabile rovina.*

f) *Le scogliere all'entrata dei porti furono sempre temute dalla gente di mare.*

g) *Il nostro molo potrebbe avere la sorte della gettata del Béquet, la quale andò interamente perduta, e quindi essere la rovina del porto.*

53. A tali appunti, i quali lo inducono a rigettare il sistema di fondazioni a scogliere, e ad accostarsi all'opinione di coloro che temono per la riuscita dell'opera del nostro molo, l'autore aggiunge la propria esperienza acquistata nei lavori marittimi.

54. Questo nostro scritto certamente ci chiarirà immeritevoli di contrapporre esperienza ad espe-

rienza, e perciò procureremo di rispondere con argomenti tratti dai principii dell'arte, dalla osservazione delle grandi opere eseguite, e, quel che più monta, con argomenti speciali tratti dalla località del porto di Genova.

55. I principii richiamati sino a questo punto ci renderanno in gran parte agevole il nostro assunto.

a) Abbiamo veduto, §. 45, che sulla stabilità delle scogliere tutti gli autori concordano, dopo il primo anno essere tale, che vi si possa stabilire il molo di sovrastruttura senza veruna esitazione. Questo precetto è superfluo il notare che fu dedotto dalla osservazione di quanto fu praticato nella massima parte delle opere eseguite, e quando per maggiore prudenza il molo sia stabilito dopo il secondo anno, come appunto i capitolati prescrivono per quello di Genova, l'opera avrà tutta la solidità desiderabile, e quindi affidare ad essa la protezione del nostro commercio sarà un'operazione perfettameute fondata.

Come una luminosa prova della stabilità delle opere fondate sopra scogliera sarà quì opportuno riferire la storia del celebre forte di S. Andrea del Lido.

Questa magnifica opera fu eseguita dal San Micheli nella seconda metà del secolo XVI nel litorale veneto sulla sponda sinistra del porto dello stesso nome. La base di questo ampio forte dovea poggiare in parte sovra profondi stagni e paludi, in parte doveva imbasarsi sul mare; ed il San Micheli

non esitò anche in questa parte a fondarlo sopra un'ampia gettata di pietra persa. Una cronaca manoscritta esistente nella Marciana, dopo avere diffusamente parlato delle difficoltà grandi che contrariarono l'opera del San Micheli, più ancora pel maltalento degli uomini, che per le difficoltà naturali, ci fa sapere, che non era ancora compiuto il forte, quando alcuni Proti (ingegneri principali della Repubblica) commossero l'opinion pubblica facendo credere che quell'opera avrebbe dopo non lungo periodo d'anni rovinato, e specialmente se fosse avvenuto che fazioni di guerra avessero costretto a scaricare dai forti potenti, e replicate salve d'artiglieria, e fu allora che il San Micheli chiese egli stesso al Governo, che di quelle voci era pure preoccupato, che facesse fare una prova, che valesse a dissipare i sorti timori.

Le più grosse artiglierie che la Repubblica avesse nel suo arsenale, o in altri forti della costa, furono in fatti poste nel forte di S. Andrea, e messevi in batteria, e fortemente caricate, si fecero trarre contemporaneamente, e ripetutamente. La prova riuscì a meraviglia, perchè non si manifestò alcun segno dei danni che da quel terribile scuotimento delle artiglierie si presagiva doverne conseguitare (1).

(1) Il Milizia nelle sue memorie degli architetti (vol. 1, pag. 180), riferisce anch'egli questo fatto tratto dalla citata cronaca colle seguenti parole: *Fu allora seminata voce dalla maligna*

Lungi dunque che questa grande opera non potesse reggere nei primi tempi perchè fondata sopra scogliera, essa durò incolume per secoli, e solo recentemente subì alcuni guasti per la assoluta trascuranza in cui fu lasciata senza provvedimento alcuno di manutenzione sulla sua fronte al mare esposta alle più violenti traversie di scirocco.

b) Che le scarpe delle scogliere abbiano sempre una mobilità, l'autore intende provarlo coi seguenti appoggi:

1.° L'asserzione dei quattro grandi scienziati Prony, Girard, Dupin e Delambre, già membri dello istituto di Francia, i quali nel loro rapporto fatto all'Accademia delle scienze, inserito a pag. 69 della memoria di Cachin sulla diga di Cherbourg, così esprimevansi:

Si rileva, come lasciando esposte all'azione delle onde materie, che le onde sieno capaci di mettere in

invidia, che la molta artiglieria grossa richiesta dal luogo avrebbe cagionata nello scaricarsi l' irreparabil ruina della fabbrica, chiese però grazia il San Micheli che vi fossero condotti dall' arsenale i più smisurati cannoni, ed empiute le cannoniere di sotto e di sopra fossero scaricati tutti in un tempo; l'apprensione divulgata d' un infallibil ruina era talmente impressa, che molte gentildonne gravide si allontanarono da Venezia. Si fece la terribile scarica che parve casa del diavolo, la fortezza con tanti fuochi sembrò un mongibello: ma tutto il timore si convertì in giubilo: non si vide in nessuna parte nemmeno un piccol segno di fessura: la rovina fu solo dell'invidia. L'architetto trionfante fortificò anche Murono, ecc., ecc.

moto, queste materie si dispongono nel modo il più conveniente alla conservazione della loro stabilità, ma siccome nulla si oppone al moto che sarebbe impresso alle medesime nel senso della lunghezza della diga, e di cui il risultato definitivo sarebbe quello di colmare i passaggi, egli è indispensabile di prevenire quest'effetto, ed a questo scopo è necessario coprire esternamente la diga con massi di pietra abbastanza voluminosi per resistere a queste impulsioni oblique.

Quest' allegazione contiene l'enunciazione d'un fatto, ed un precetto, le materie cioè, *che il mare è capace di mettere in moto, sono mosse* nel senso normale alla diga, e siccome nulla si oppone a che sieno mosse anche nel senso longitudinale, e vadano ad ingombrare le bocche, *per riparare a questo inconveniente è d' uopo coprire esteriormente la diga con massi di pietra assai voluminosi* per resistere a queste impulsioni oblique.

Tale fatto citato dagli scienziati era dedotto dai lavori eseguiti da Cachin nel 1803, nei quali mai non furono impiegati massi maggiori di *un metro cubo*, ed era quindi naturale che avessero un movimento sotto l' azione delle onde, ma ad impedir questo, e rendere la scogliera immobile, provvede il precetto degli illustri scienziati, i quali propongono di ricoprirla con massi abbastanza voluminosi per resistere alle impulsioni oblique, e rendere impossibile l' ingombramento delle entrate.

La conclusione di quest'allegazione è chiara ed evidente: i massi di piccolo volume sono mossi dalla violenza delle onde; quelli di volume sufficiente non lo sono più, e restano immoti. Questo è precetto degli illustri scienziati, e questo fu seguito, dicono essi, da Cachin.

Abbiamo notato, §. 34, come in tutti i lavori eseguiti da Cachin in quella diga, i più grandi massi impiegati non arrivarono ai 4 metri cubi.

Nella scogliera del molo di Genova i massi di rivestimento dovendo essere da 10 a 35 metri cubi ciascuno a termini del capitolato, noi non sapremmo come trovare argomento più valido dell' ultima parte della sentenza addotta di quegli scienziati per conchiudere che non vi potrà essere movimento in direzione normale, nè in senso longitudinale, e che i massi non potranno essere spinti ad ingombrare la bocca.

Questa conclusione è confermata altresì dal fatto addotto da Cavalieri già notato, §. 38, pei moli del porto di Civitavecchia.

Ma, il colonnello Sauli, al quale certo non isfugge questa verità, si studia di farsi incontro alla obbiezione là dove dice che: *non potranno impedire il pregiudizio dell' ingombro della bocca del porto i grossi blocchi coi quali s'intende di caricare la fronte esteriore, i quali essendo corrosi continuamente dal mare, se saranno immobili per qualche tempo, diverranno alla fine mobilissimi con danno certo del porto.*

Giova intanto notare a questo punto, che l'autore stesso ammette l'immobilità di una scogliera formata di grandi massi, quali si tratta di usare in quella di Genova, se non che alla obbiezione del consumarsi i massi immobili, e diventar alla fine mobilissimi, risponderemo che difficilmente alcuno potrebbe prevedere quanti secoli occorrerebbero perchè massi del volume persino di 35 metri cubi ciascuno, immobili sulla scarpa della nostra scogliera, siano stati consunti dal fregamento delle onde, e ridotti al volume occorrente per essere travolti dal mare, cioè a molto meno di 10 metri cubi.

Risponderemo ancora che, quando fossero ridotti a questo punto, se fia possibile, nei secoli futuri, le lontane generazioni avrebbero cura di ricaricarli con altri massi di grosso volume, e sempre, come in origine, resterebbe immobile la scogliera, e garantita l'entrata del porto.

Sarà quì intanto opportunissimo il notare, mentre fu creduto di poter addurre una sentenza di Prony come argomento contro il sistema di fondazione a scogliera, che il medesimo illustre scienziato, ed uomo d'arte insigne, incaricato nel 1807 dal Governo francese di progettare la sistemazione del porto di Malamocco nel litorale veneto, propose di fondare i moli a pietre perdute, abbenchè il litorale mancasse di pietre adattate, e fosse d'uopo estrarle dall'Istria alla distanza circa di 120 chilometri. Oppugnato il sistema da qualche oppositore, egli lo

difese validamente, e lo fece trionfare a fronte di ogni altro sistema.

Questo fatto spiegherà meglio il valore dell'autorità di Prony nella quistione. (1)

2.° La sentenza di Lemblardie, dove dopo gli effetti della burrasca del 26 e 27 gennaio 1827 sulla diga di Cherbourg, parlando del movimento dei grossi blocchi che proteggevano la fronte esteriore di quella diga, diceva:

Non se ne fa quì cenno se non che per provare quanto poco si debba far conto della protezione di massi, i quali, in ultima analisi, si comportarono come le piccole pietre nel 1803.

Questa sentenza si riferisce ai grossi massi impiegati in quella diga, i quali, come abbiamo più volte notato, mai non superarono il volume di 3 metri cubi, e quindi evidentemente non è applicabile al caso della nostra scogliera di massi dai 10 ai 35 metri: per questa noi riterremo che devono risultare immobili, valendoci dei precetti di Minard, e dell'opinione che abbiamo allegata ai §§. 42, 43 dell'ingegnere Poirel, quella stessa autorità di cui il colonnello Sauli si vale come di principale appoggio nell'oppugnare il sistema adottato pel molo di Genova.

c) A mantener le scogliere occorrono, si dice, *monti di sassi e larghe somme di danaro.*

(1) V. Rendiconto della Camera dei Deputati, 3 aprile 1854.

Dal risultato medio delle spese di manutenzione de' moli di Genova per l'ultimo decennio, le quali sono presso che intieramente esaurite dalla scogliera, si ha una spesa annua di 45/m. lire all'incirca.

Ritenuto che la lunghezza complessiva de' moli è intorno a 1100 metri, ai quali puossi attribuire un valore totale di L. 13,000,000, ne segue che la spesa di manutenzione delle scogliere rappresenta un terzo per cento circa del valore dell'opera.

È probabile che poche opere costrutte a terra nelle migliori condizioni esigano una spesa di manutenzione più lieve.

d) All'obbiezione che le scogliere per la loro mobilità andranno ad ingombrare la bocca del porto, cui già rispondono gli addotti argomenti, risponderemo inoltre coll'autorità più valida dei fatti locali, i quali non sono che una conferma degli esposti principii.

I moli di Genova, e l'occidentale e l'orientale, sono entrambi difesi da una larga ed estesa scogliera di protezione in tutta la loro estensione, e sulla fronte stessa che guarda l'entrata, scogliera che pure non è formata esclusivamente di blocchi superiori ai 10 metri cubi, e molti ve ne sono di minor volume. Se fosse vera la supposta, e temuta mobilità, come mai questi blocchi non sarebbero trascinati nella imboccatura del porto, e perchè questa non si troverebbe dopo tanti anni interamente ostruita ed impraticabile?

Ma a noi invece non riuscì di scoprire un solo

masso che siavi stato spinto dal mare ad ingombrarla, e se non vi sono tratti i massi dell'attuale scogliera di minor volume, e disposti con minor cura, chi vorrà restar persuaso che lo saranno quelli della scogliera nuova più voluminosi e più accuratamente disposti?

Questi sono fatti che parlano altamente, a fronte de' quali avremmo potuto anche fare a meno di ogni altro argomento che per sovrabbondanza abbiamo addotto.

Nè a togliere il valore di questi fatti, che al certo sono i più concludenti, ed i più persuasivi anche ai meno veggenti, ci sembra valere quanto asserisce l'autorevole opponente, pag. 27, il quale proponendosi di rettificare una seconda asserzione della prolusione 5 maggio, dice:

L'altra considerazione a cui dà luogo il citato asserto non presenta forse tutta quanta la dovuta esattezza: imperocchè basta esaminare le testate dei nostri moli per vedere come niuna di esse sia rivestita di scogliera, ed anzi le casse che le costituiscono hanno il loro asse longitudinale perpendicolare a quello del molo per formare un dente esterno, il di cui scopo è di esibire un saldo punto d'appoggio a quei sassi, che proteggono la fronte del molo restante.

E noi le abbiamo esaminate tali testate di moli prima di scrivere queste pagine, abbenchè avessimo concorso, nei tempi andati, alla formazione delle scogliere che le difendono, per riconoscere, dopo una

asserzione così decisa che scogliere non vi sono, se le nostre reminiscenze erano un sogno, o se le scogliere più non esistevano, ed abbiamo riconosciuto invece che le scogliere esistono[1] per tutta la lunghezza de' moli sino al di là dell' angolo estremo, ed anzi sulle testate hanno una estensione più grande che raggiunge persino i 30 metri di larghezza superiormente al livello delle acque, e le fronti stesse ne sono munite sino a 2. 50 sotto al livello del mare. Abbiamo riconosciuto che l' esistenza di queste scogliere è cosa volgarmente nota in Genova, e dei denti esterni delle casse, che si asserisce abbiano scopo di esibire appoggio alla scogliera, non ne esiste pure traccia nel molo occidentale, sebbene il prolungamento ultimo sia stato progettato, ed in gran parte eseguito mentre lo stesso colonnello Sauli trovavasi all'amministrazione dei lavori marittimi. Nel molo orientale poi, prolungato in tempi anteriori, l'ultimo cassone fu collocato sporgente allo infuori di una quantità insignificante, e lo fu per imbasarvi la torre del faro, ma fu altresì costrutto cogli angoli curvi, prova evidente che non dovea servire d'appoggio veruno alla scogliera, dalla quale infatti fu circondato ed oltrepassato.

(1) Sull'esistenza di queste scogliere vedi pure - Progetto per l'ampliazione e miglioramento del Porto di Genova, e pel trasporto della Darsena Militare, dell' ingegnere Giulio Sarti. - Genova, 1852, pag. 19.

Confessiamo che duriam fatica a comprendere come fatti di tanta gravità, anzi fatti capitali nella quistione come son questi, siano stati addotti in modo assolutamente opposto a quello in cui esistono.

Nè si creda che di recente, od a caso queste scogliere siano state formate, poichè al molo orientale rimontano ad antica data, ed all'occidentale sono contemporanee al suo prolungamento, e furono stabilite per la necessità che si mostrava anche più evidente di proteggere le testate come le rimanenti parti di essi moli. E le fronti stesse ne furono munite per difenderle dalla azione vorticosa delle onde, e dalle correnti che, l'esperienza provava, tendevano a scalzarne la base, sebbene fondata sopra un terreno stabile e con cassoni ripieni di ottima muratura.

Diffatti nel molo orientale questi scalzamenti aveano già fatto deviare dalla verticale l'asse della torre del piccolo faro situato alla sua estremità, con lesione della sua stabilità, e nell'occidentale l'ultimo cassone di testata fu scalzato per modo, anche prima che si costruisse la sovrastruttura, che dovette inclinarsi forse per metri 1. 50 sotto al livello del mare nella sua estremità, e diede anche più tardi novelli segni evidenti di ulteriore cedimento.

e) Giusta il progetto adottato, si soggiunge, la testata di questo prolungamento non ha ritegno.

Abbiamo ora notato come le scogliere de' moli di Genova si sostengano solidamente senza alcun ritegno. Quella che va a costrursi non può quindi

avere bisogno di ritegno alcuno per sostenersi, nè altro ragionamento occorrerebbe a sciogliere questo appunto, tuttavia aggiungeremo, che, se la prolungazione di questo molo venga arrestata alla lunghezza dell'attuale progetto, i capitolati dispongono perchè sia collocato all'estremità del medesimo un cassone in muratura, giusta il precetto che Sganzin ci ha consegnato (1), e ciò non tanto per assicurare l'opera più solidamente, quanto per togliere la necessità di avere una lunga scarpa in scogliera sulla fronte stessa del molo.

Questo non può ignorare l'onorevole opponente, essendo che i progetti, ed i capitolati furono presentati alla Camera dei Deputati in un col relativo progetto di Legge, ed a questo riguardo è quindi superflua ogni ulteriore discussione.

Diremo solo che con questo mezzo di un cassone ripieno in muratura verrà meglio consolidata la testata del molo, valendoci di un *sistema* che si può dire *Italiano* con moderata spesa, senza che con spese gravissime, e con rinuncia d'ogni amor proprio s'abbiano ad imitare gli straordinari, ed ingegnosi mezzi adoperati da Rendell ne' moli di Holyhead, come l'onorevole opponente propone.

f) Che le scogliere all'entrata de' porti sieno sempre temute dalla gente di mare, si vuol provare colla autorità del pilota Castagnola.

(1) V. II, pag. 334, idem.

Che questo sia vero in porti con piccola entrata non dovrebbe rivocarsi in dubbio, sebbene numerosissimi siano i porti con piccola entrata, e colle estremità dei moli intieramente a scogliera, ma per un porto come è quello di Genova, che ha una bocca poco minore di 600 metri, ne dubitiamo assai, e i nostri dubbi sono confermati dalle scogliere attuali, che pure esistono alle testate dei moli, e dalle quali non risultò mai verun disastro alla navigazione.

Ma senz'altro dilungarci alla autorità del pilota Castagnola lascieremo che risponda quella degli onorevoli membri della Commissione speciale da cui fu preferito il sistema di fondazione a scogliera, distinti uffiziali superiori della nostra marina, e l'altra dei tre uffiziali superiori della marina inglese e francese, che or ora concorsero all'adozione del sistema di fondazione a scogliera per le opere dei nuovi porti da farsi a Suez ed a Pelusio. (1)

g) Per quanto riguarda il caso della gittata del Béquet, e la terribile comparazione profetica che se ne vorrebbe dedotta, rimandiamo al capo II ove se ne tratta esplicitamente, e vi si troverà replica ad esuberanza.

E mentre il colonnello Sauli teme, che la nostra fondazione protetta con massi da 10 a 35 metri cubi abbia ad incontrar la sorte di questa

(1) L'Istme de Suez, Journal N.° 2, pag. 23.

gittata, noi ci limitiamo quì a richiamare quanto abbiamo accennato al §. 36; che in questo tempo istesso gli ingegneri del Governo Francese propongono di far gettate per la somma di *otto milioni e mezzo* all'entrata del bacino di Arcachon, nelle quali i massi più grandi hanno due metri e mezzo ciascuno, e ciò nel golfo di Guascogna dove le onde si sollevano pressochè il doppio di quello che nel golfo di Genova, e doppia quindi deve esserne prossimamente la violenza, e vi sono gli uragani e le correnti di mare. Eppure quegli ingegneri, l'uno del servizio ordinario, e l'altro capo a Bordeaux, non hanno il minimo dubbio sulla riuscita dell'opera.

56. Segue da ultimo potente e validissimo argomento contro il sistema l'esperienza propria, che l'autore allega di aver acquistata nei lavori marittimi. Esperienza quale? Abbiam veduto che le scogliere del nostro porto principale resistono perfettamente all'azione delle onde.

Mentre si adduce la instabilità della massa delle scogliere, come cosa effettiva e tanto pericolosa per il molo che s'intende di stabilirvi, noi troviamo che, oltre alle parti dei moli costrutte anticamente nel nostro porto sopra fondazione di questo genere senza il minimo inconveniente, negli ultimi prolungamenti fatti or son pochi anni ai due moli si fondò sopra sistema misto a cassoni con fondo, alternati con semplice scogliera, e la metà in circa dell'opera risultò fondata appunto sopra scogliera.

Se la instabilità allegata fosse reale, in tale sistema misto di fondazione, dove la parte in cassoni è più stabile, i movimenti, e gli inconvenienti della parte fondata sopra scogliera avrebbero dovuto manifestarsi anche più apertamente. Ma quali inconvenienti si riconobbero in quelle opere? Basta esaminare tutto il prolungamento del molo orientale per restare convinti, che l'opera intiera risultò della più inconcussa stabilità, e nella sovrastruttura non si riconosce verun inconveniente, nè differenza alcuna fra le parti fondate sopra cassoni, e quelle fondate sopra scogliera, ed anzi risulta affatto impossibile il discernere qual parte fosse fondata sopra un genere di fondazione, quale sopra l'altro. E nel prolungamento ultimo del molo occidentale, se un cedimento si verifica nella testata, sembra piuttosto dovuto a scalzamento dell'ultimo cassone, che non a cedimento delle scogliere.

Eppure in questi lavori mai non si differì che all'incirca di un anno a formare la soprastruttura murale sopra le scogliere, nè le scogliere erano fatte con quella cura e diligenza che si pratica quando la fondazione è interamente a scogliera.

L'esperienza adunque dimostra, che non solo le scarpe delle nostre scogliere sono sufficientemente stabili, ma anche la massa delle scogliere medesime, quella che regge una gran parte de' moli, ha perfetta stabilità.

Noi troviamo che un intero molo di 450 metri

di lunghezza, costrutto sul nostro litorale per proteggere il porto di Porto Maurizio, è formato interamente in scogliera e nella parte di fondazione, e nella parte emergente dal livello del mare, resiste perfettamente senza alterazione; abbiamo altri moli pure in costruzione sul nostro litorale ai porti di Diano Marina, ed Oneglia in scogliera intrapresi da alcuni anni, protratti già alla lunghezza di metri 170 il primo, e 180 il secondo, che procedono con buon risultato, sebbene, come quello di Porto Maurizio, formati con pietre di piccolo volume. Vediamo le scogliere che difendono i moli del porto di Nizza, che pur resistono, e non vanno ad ingombrare la ristrettissima bocca del porto; e siccome l'esperienza prima e più valida nelle costruzioni marittime è dedotta dalla osservazione dei fatti locali, noi non arriviamo a comprendere come, mentre tutti questi stanno in favore della resistenza delle scogliere, l'esperienza dell'autore lo porti ad una conclusione contraria.

Quanto a noi, confessiamo che questi fatti medesimi ci indurrebbero invece nella convinzione, che la fondazione del nostro molo avrebbe resistenza anche formata con massi inferiori d'assai ai 10 metri cubi ciascuno.

Ad ogni modo, abbenchè abbiamo in appoggio di noi i fatti locali, che al certo sono i più, anzi i soli concludenti, noi prendiam norma pure dai fatti generali, ed in tale proposito attenderemo che

ci sia fatto conoscere per nostra istruzione alcun caso, nella storia dell'arte, di fondazioni a scogliera praticate con massi di un volume superiore ai 10 metri cubi, come s' intende fare per Genova, le quali siano state distrutte, od almeno notevolmente alterate dalla violenza del mare, sulle quali si appoggi l' esperienza dell' autore per giustificare le sue sinistre previsioni.

Ma senz' altro attendere potremo fermamente ritenere, che simili casi non esistono per questa sola ragione concludente, che non ne troviamo addotto alcuno nella memoria istessa in cui altri di minor conseguenza son riferiti.

57. Crediamo di avere replicato anche troppo diffusamente alle obbiezioni, che furono fatte contro l' adozione del sistema di fondazione a scogliera.

L' onorevole opponente chiude la prima parte del suo ragionamento con riferire un brano della memoria dell' ingegnere Poirel sulla mobilità e pericoli di una fondazione a scogliera, sentenza colla quale ritiene condannato assolutamente il progetto di fondazione a scogliera del nostro molo.

58. Noi chiuderemo ricordando che quel ragionamento si attaglia ad un genere particolare di scogliere che non è il nostro; che le conclusioni dell'ingegnere Poirel, riferite ai §§. 42 e 43, sono invece favorevoli ed in appoggio della scogliera proposta pel molo di Genova, e riferiremo quindi un fatto assai concludente nella materia di cui ci occupiamo.

L'età presente sta guardando con grande aspettazione, e vivamente si preoccupa di una impresa d'immenso interesse mondiale, politico e commerciale, la canalizzazione dell' Istmo di Suez.

Il progetto di quest'opera colossale venne affidato a due ingegneri, che da moltissimi anni dirigono tutte le grandi opere idrauliche d' Egitto (1).

Fra le opere d'arte da eseguirsi per il compimento di questo progetto stanno due porti, l'uno a Suez nel mar rosso, a Pelusio l'altro nel mediterraneo, pei quali sono progettati moli della lunghezza complessiva di chilom. 20. $^{1}/_{2}$, e dello enorme valore totale intorno a 48 milioni.

Abbenchè non esistano pietre in prossimità del porto di Pelusio, dove è da farsi la più gran parte de' moli, gli ingegneri non esitano a proporre esclusivamente per tutti i moli fondazioni a scogliera, proponendo di prendere le pietre, per quelli di Pelusio, in parte dalle Isole di Rodi, Scarpanto e Candia, dalla enorme distanza cioè di piucchè 500 chilometri, ed in parte dalle coste del mar rosso, trasportandole a traverso l'Istmo per più di 150 chilometri.

Noi non sapremmo quale condizione più sfavorevole, che una assoluta mancanza di pietre in una sfera di moderata distanza, si possa immaginare per

(1) Gl'ingegneri: Linant-Bey, direttore generale del Servizio ponti e strade d' Egitto; Mongel-Bey, ingegnere capo nello stesso Servizio.

indurre ad escludere il sistema di fondazione a scogliera, e far ricorrere ad un sistema diverso; eppure quello a scogliera è preferito ed appoggiato da motivato rapporto, tanto decisa è la preferenza che danno gli ingegneri a questo modo di lavorazione.

Sottoposti i progetti a severo scrutinio della commissione scientifica internazionale, composta dei più riputati ingegneri di fama europea, che hanno [1] diretto l'eseguimento delle più grandi opere marittime in tutti gli Stati, commissione che a giusto titolo potrebbe dirsi l'Areopago europeo in fatto di idrau-

(1) La commissione internazionale scientifica per la canalizzazione dell'Istmo di Suez si compone:

Signori Rendell } Ingegneri capi a Londra.
» Mac-Clean }
» Conrad, ingegnere capo del Wanter-Staat all'Aja.
» Lentze, consigliere del Ministero del commercio e dei lavori pubblici, ingegnere in capo dei lavori idraulici della Prussia a Berlino.
» Di Negrelli, consigliere di corte, ispettor generale delle vie ferrate a Vienna.
» Paleocapa, ingegnere, ministro dei lavori pubblici di Sardegna a Torino.
» Renaud, ispettore generale, e membro del Consiglio di ponti e strade a Parigi.
» Lieusson, ingegnere idrografo della marina a Parigi.
» Mamby Carlo, segretario dell'Istituto degl'ingegneri civili a Londra.
» Cipriano Segundo Montessino, direttore generale dei lavori pubblici a Madrid.
» Harris, capitano della marina Brittann.ª delle Indie.
» Rigault de Genouilly, contr' ammiraglio della marina Francese.
» Jaurès, capitano di vascello della marina Francese.

liche costruzioni, dopo accurato esame delle località, fu alquanto variata la posizione progettata del porto di Pelusio, e quindi ridotte considerevolmente le opere da farsi, ma il sistema di fondazioni a scogliera è pienamente, ed all'unanimità approvato; non sorge una voce in questo venerando consesso a muovere dubbio, non già sulla riuscita, ma neppur sulla convenienza di adottarlo a fronte d'ogni altro sistema.

Questo fatto è tale, che non ammette replica, e condanna appieno le contrarie sentenze degli oppositori; è la conferma più luminosa della convenienza del progetto adottato dal Governo pella fondazione del molo di Genova, a cui dà il più saldo appoggio morale, e presenta la più salda garanzia per la immancabile riuscita del medesimo.

Potranno quindi essere tranquilli i nostri marini, e quanti s'interessano della prosperità del nostro porto principale sull'esito dell'opera intrapresa, a malgrado dei dubbi che siano stati instillati in essi, bastando a dissiparli i fatti e le autorità allegate.

59. Discusso alquanto profusamente delle scogliere di vivo sasso, argomento precipuo della nostra quistione, entreremo a trattare con maggior brevità degli altri modi di fondazione, e prima di quello a massi perduti artefatti.

Nel 1833 trattandosi di procedere alla riparazione del molo d'Algeri, l'ingegnere Poirel, che ne fu incaricato, riconobbe che per ottenere una *perfetta*

stabilità nelle scogliere che si doveano fare a tal uopo, erano necessari massi di pietra di 10 metri cubi ciascuno, e non avendo modo di ottenerli di un tanto volume dalla natura [1] in quella località, *non restava altro partito a prendere*, dice egli, *che di fabbricarli artificialmente, e ci trovammo in tal modo naturalmente condotti all' uso di massi di bitume.*

Questa è la sola ragione addotta dal prefato ingegnere dell' adozione di quel modo di lavorazione.

Formati i massi in bitume di volume capace a resistere alla violenza delle onde, egli se ne servì come di massi naturali per la formazione di scogliere.

L'uso di simili massi descritto da Vitruvio in un modo breve ed incompleto, praticato poi in tempi recenti nel porto di Civitavecchia da Calamatta per iscogliere di protezione [2], fu dal Poirel applicato posteriormente in larga scala per gettar le fondamenta di nuovi moli ad Algeri, e riparar gli antichi. Dall'ingegnere Pascal per gettate di protezione al porto delle Joliette, ed attualmente dallo stesso Poirel in nuovi lavori al porto di Livorno, ed i massi furono usati in tutto come quelli di sasso naturale.

Il colonnello Sauli [3] sull'autorità di Auniet e di Cialdi, ci asserisce che prima di Algeri furono

(1) Poirel, pag. 5.
(2) Cialdi, Studi sul porto di Livorno, pag. 124. — Auniet, ingegnere capo, Annales des ponts et chaussées, 1834, p. 151.
(3) Sauli, pag. 38, idem.

adoperati massi artefatti da Castagnola nell'antemurale di Civitavecchia negli anni 1815-1817, da Brighenti nel molo destro di Sinigaglia nell'anno 1822, e dal Della-Gotta nel 1827 per un tratto di molo di 150 metri nel porto di Ancona; ma Auniet non fa cenno di questo nella sua memoria sui porti dello Stato Romano, e Cialdi (1) dice che i citati costruttori in quelle opere si servirono del sistema di fondazione entro paratie, e non parla punto che vi abbiano usato massi artefatti. Crediamo quindi che l'allegazione del colonnello Sauli sia inesatta, e ci conferma in questa opinione la circostanza che in Cavalieri (2) vi troviamo la descrizione delle paratie costrutte l'anno 1822 appunto per eseguire il prolungamento del molo orientale di Sinigaglia dianzi citato.

60. I vantaggi che il Poirel credette di scorgere in questo modo di fondazione, oltre a quelli che presentano le scogliere di massi naturali, sono:

1.° Un'immediata stabilità;

2.° Una maggior facilità nei trasporti;

3.° Una diminuzione considerevole nella sezione dei profili, e quindi nelle spese;

4.° Un eseguimento applicabile dovunque.

61. La memoria in cui l'ingegnere Poirel esprimeva questo suo avviso era stampata nel 1841 mentre i lavori d'Algeri erano tuttavia in eseguimento.

(1) Cialdi, pag. 129, idem.
(2) Cavalieri, vol. I., pag. 143, idem.

Le tempeste avvenute in quell'anno medesimo e nel successivo 1843 descritteci da Minard [1], le quali sconvolsero un tratto considerevole della parte del gran molo già eseguita, provarono che tale immediata stabilità, sia per difetto nel volume, o meno perfetta disposizione de' massi impiegati, non era vera, e che questa fondazione probabilmente non ha una stabilità considerevolmente maggiore di una scogliera formata con massi naturali di eguale volume.

62. La maggior facilità nei trasporti è una condizione che dipende dalle specialità de' luoghi, e non può essere generalizzata. Ad esempio chi conosce le facilitazioni che le cave del porto di Genova site nel porto stesso presentano, e per lo imbarco dei massi i più voluminosi da versarsi per mare ai due moli, e pel loro trasporto al molo occidentale per terra, che si effettuerà col mezzo di strada a rotaie di ferro, certamente resterà convinto, che in queste operazioni si hanno facilitazioni di gran lunga maggiori, che non si avrebbero a fabbricare massi artificiali, e trasportarli al luogo del versamento nel modo che lo ingegnere Poirel prescrive.

63. La diminuzione nella sezion de' profili indubbiamente risulta considerevole a fronte di una scogliera di massi piccoli sistemata con estese scarpe, ma se la scogliera naturale venga formata con iscogli di volume uguale a quello de' massi artefatti, questo

(1) Pag. 97, idem.

divario non può risultare gran fatto notevole, ed in ogni caso si verifica nelle sole scarpe, restando il nucleo della scogliera invariabilmente subordinato, in ambi i casi, alle dimensioni della sovrastruttura che dovrà esservi imposta.

La diminuzione poi delle spese conseguitante da quella dei profili è anch'essa una condizione dipendente da località, e che non può essere generalizzata.

Nel caso nostro, in ragione delle facilitazioni accennate, che le cave del porto di Genova presentano, quando pure fosse notevole la diminuzione della sezione dei profili, si otterrebbe sempre una spesa considerevolmente minore coll'applicare il sistema a sassi naturali, anzichè valersi dei massi artificiali, e quest'economia dovrebbe, a nostro avviso, ottenersi dovunque si hanno pietre entro un raggio di moderata distanza dal luogo del lavoro, a ragione del prezzo vile di questa materia, se poniamo mente da altro lato, ed in parallelo, che i massi usati ad Algeri, dei quali l'autore ritiene il prezzo applicabile agli altri porti del Mediterraneo, costarono la considerevol somma di L. 30 al metro cubo.

64. Questa nostra opinione la troviamo anzi confermata dai successivi lavori praticati ad Algeri stesso, dove, da quanto ne riferisce l'ingegnere Ravier in una memoria inserta negli annali dei ponti e strade di Francia (1854, p. 30), nel 1847 si cambiò modo di lavorazione per le parti de' due

moli nord e sud, che ancora restavano a compiere; si ritornò a fondare con sassi naturali le parti inferiori dell'opera, serbando l'applicazione dei grossi massi artificiali alla zona di massima azione delle onde, modo con cui i due moli indicati furono felicemente compiuti.

65. La condizione dell'applicabilità poi di quel modo a tutte le località è soggetta al parallelo della convenienza economica a fronte di tutti gli altri sistemi, parallelo che non sempre può dare un risultato a vantaggio di questo modo di lavorazione.

66. I difetti delle scogliere a massi artefatti son quegli stessi descritti per le scogliere di sassi naturali al §. 50, e si riferiscono ai pericoli nel corso d'eseguimento, ed alla stabilità, che nei primi tempi non è intieramente perfetta. Evvi inoltre la necessità di avere, entro un raggio limitato di distanza dal luogo della fondazione, dei vasti cantieri opportunamente situati per la preparazione e trasporto dei massi artificiali.

FONDAZIONE A CASSONI CON FONDO.

66.[bis] *Il sistema di fondazione a cassoni con fondo o senza, di legname o di metallo*, dice il colonnello Sauli, pag. 37, *fu dichiarato dall' illustre Cavalieri San Bertolo mezzo efficacissimo ed esperimentato colla più felice riuscita nelle più ardue fondazioni di lavori marittimi.*

Senza disconoscere i pregi che possono competere ai due sistemi, segnatamente a quello a cassoni con fondo, e dei quali andiamo a far cenno, ci interessa anzitutto accertare quale importanza dobbiamo attribuire in questo particolare alla sentenza allegata dell'illustre Cavalieri.

Ricorrendo alla sua opera (1) noi vi troviamo a pag. 132, dove tratta dell' uso del legname nella fondazione de' muri, i seguenti termini:

Per queste svantaggiose circostanze, e nell'ipotesi che il luogo della fondazione non possa essere messo in chiusa, e disgomberato dall' acqua con quegli artifici, che riferiremo nel seguente capitolo, l'arte somministra efficaci ripieghi, fra i quali quello de' cassoni, ritrovato moderno esperimentato con felice riuscita nelle più ardue fondazioni di ponti e di altri idraulici edifizi.

(1) Edizione di Napoli, 1840, vol. I, pag. 132.

Della quale asserzione a comprova egli adduce l'esempio della fondazione del ponte di Westminster sul Tamigi fatta dal Labeye, della fondazione di molti altri ponti, e della riva murata del porto di Rouen sulla Senna, fatta dal De-Cessart. Dal testo poi che segue la sentenza allegata, e che troppo lungo sarebbe il riferire, chiaramente si rileva che i cassoni di cui l'autore tratta, sono cassoni entro i quali si lavora a secco, cassoni con fondo.

Da questo, se non erriamo, ci sembrano da dedursi due conclusioni:

1.° Che il Cavalieri non dà il suo appoggio ai cassoni senza fondo, de' quali non tratta punto;

2.° Ch'egli non ci fa conoscere quelli con fondo siano stati usati nella fondazione di alcun molo esterno di porto, che, nel senso da noi esaminato, è la più ardua delle fondazioni in fatto di lavori marittimi.

Ciò premesso, passiamo allo esame di questi due modi di fondazione, e prima di quello a cassoni con fondo.

67. Il sistema di fondazione a cassoni con fondo, ignoto agli antichi, che non ne parla affatto Vitruvio [1], e giusta il Cavalieri *ritrovato moderno*, consiste nel costrurre sovra appositi scali cassoni di legname o metallo diligentemente commessi per modo

(1) Veggasi la traduz.e di Carlo Amati, architetto, pag. 151. - L'asserzione di Sganzin che ne abbia parlato Vitruvio è erronea.

che l'acqua non vi penetri, e di figura e dimensioni corrispondenti a quelle della fondazione che si vuol stabilire, gettarli a mare, trarli al luogo della fondazione, e quivi costrurvi per entro solida muratura sino a tanto che i cassoni, immergendosi per lo peso di questa, vadano a posare sul fondo del mare preparato prima diligentemente a livello. Continuando di poi sempre in asciutto la interna struttura murale sino alla sommità del cassone, resta così stabilita la fondazione.

I cassoni vengono posti per quanto possibile contigui uno all'altro, e quando sono di legno, come ordinariamente accade per ragioni di economia [1], la riunione delle murature di due cassoni successivi, che restano disgiunte dalle due interposte pareti di legnami, e da quella distanza che nell'atto dell'affondamento dei cassoni è rimasta fra queste due pareti medesime, vien fatta o col mezzo di una volta gittata dall'uno all'altro cassone, come praticò il De-Cessart nella fondazione del muro di scalo del porto di Rouen [2], o col mezzo di metodi secondari che l'arte somministra.

Questa operazione tuttavia presenta qualche difficoltà, che è comune ai cassoni con fondo e senza fondo.[3]

68. In ordine alla struttura debbono i cassoni essere tanto più fortificati quanto più sono grandi,

(1) Sganzin, vol. II, pag. 232.
(2) Cavalieri, pag. 133, vol. I.
(3) Sganzin, vol. II, pag. 331.

e quanto maggiore è l'altezza dell'acqua in cui devono essere sommersi, in ragione della maggior pressione che hanno da sopportarne.

69. Mai non vengono costrutti i cassoni con una robustezza tale da sopportare incolumi la violenza delle tempeste, e per ragioni d'economia, e per difficoltà materiali che si accostano alla impraticabilità.

70. Segue da questo che tutte le operazioni del varo, rimorchio, affondamento e riempimento del cassone, le quali in complesso pei grandi cassoni de' moli del porto di Genova esaurirono un periodo da 30 a 40 giorni, devono essere fatte con mare tranquillo, e colla massima celerità, lavorando giorno e notte sotto l'impressione del pericolo di aver distrutta od avariata l'opera, se sia colta da tempesta mentre sta in corso di lavorazione.

71. Questo sistema di fondazioni idrauliche diviene tanto più difficile ed azzardato quanto più sono grandi i cassoni. Crescono le difficoltà ed i pericoli della manovra del gettarli a mare, ed affondarli; aumenta il tempo necessario a riempirli, e quindi più lungamente restano esposti a pericolo.

72. Il sistema a soli cassoni molto usitato nelle fondazioni sopra fiumi, in pochi casi al mare, lo fu rare volte nella fondazione de' moli e per le gravi spese cui dà luogo, e per i pericoli del praticarlo.

Sganzin e Reybell ci riferiscono[1] un solo caso

(1) Sganzin, pag. 330, vol. II., idem.

di molo fondato con questo sistema a cassoni contigui, la parte centrale di quello del porto di Nizza, opera di minima importanza per la poca estensione e particolarità locali, e Cavalieri volendoci addurre un esempio di queste fondazioni, ci esibisce quello della riva murata davanti al pubblico palazzo nello interno del porto di Tolone, eseguita con cassoni di piccola dimensione, e non ci dà verun caso di fondazioni di moli praticato nei porti italiani, da cui sembra riconfermato il fatto, che in Italia questo sistema non è che assai poco usato.

Il colonnello Sauli, pag. 45, dice illusori i pericoli dell'affondamento dei cassoni.

Così non la pensavano Sganzin e Reybell, là dove dicevano [1]:

Se, come ne' lavori dei fiumi, si affondano i cassoni vuoti, si resta esposti, nei paraggi dove il mare è d'ordinario agitato, a considerevoli avarìe nel tempo del lavoro, ed anche alla distruzione di queste colossali macchine.

Se il cassone resta galleggiante sino a tanto che il peso delle murature lo faccia immergere, può rompersi nel naufragare, e compromettere le murature interne.

D' altronde i pericoli di un cassone non consistono ne' soli che incorre nell' operazione dell' affondamento, ma bensì in quelli tutti, ai quali resta

(1) Sganzin, pag. 330, vol. II, idem.

esposto nelle operazioni successive dal varo [1] al completo riempimento, e munimento con iscogliere di protezione, le quali, come accennammo per fatto di esperienze praticate nel prolungamento dei moli del porto di Genova, esauriscono un periodo dai 30 ai 40 giorni. Nel corso di questi una burrasca di qualche violenza distruggerebbe più o meno completamente l'opera.

74. I pericoli adunque dello *stabilimento* di un cassone non sono illusori, ma reali. Di questa verità somministrano testimonianza le gravi apprensioni da cui furono costantemente travagliati gli ingegneri direttori delle opere de' nostri porti nel periodo in cui si lavorava al collocamento di un cassone. E le speciali commissioni di capitani marittimi talvolta convocate espressamente prima di collocare un cassone per sentirne l'avviso intorno alla stabilità del mare tranquillo, ed alla opportunità di avventurare il cassone alle operazioni di arrenamento, e più ancora ne forniscono una prova le avarie toccate all'ultimo cassone collocato al prolungamento del molo occidentale del porto di Genova, ed un'altra più luminosa testimonianza ne fa la sorte incontrata dal primo cassone dell'ultimo prolungamento del molo orientale, che, sebbene già riempiuto in gran parte di muratura, colto da tempesta nel giorno 31 ottobre 1823, andò in massima parte perduto.

(1) Cavalieri, vol. I, pag. 132, idem.

E se la maggior parte dei cassoni collocati nei nostri porti ebbe un esito fortunato, lo crediamo dovuto non solo alla perizia somma dell'illustre generale Giovanni Battista Chiodo, che a causa di onore e di affetto qui ricordiamo, il quale fino al 1847 diresse superiormente tutti i lavori de' nostri porti, ma altresì alla massima prudenza da lui usata di non lasciar mai avventurare grandi cassoni alle operazioni di arrenamento se non nelle perfette calme di estate.

Ma da questo appunto venne in gran parte il lungo periodo di tempo impiegato nel dar seguito ai lavori dei nostri moli. (1)

75. Riempiuti i cassoni di muratura, prima d'imporvi la sovrastruttura del molo è necessario aver la precauzione di lasciare al massiccio interno il tempo d'indurirsi, affinchè diventi capace di sopportare il carico che deve ricevere. (2)

Questo periodo nelle opere de' nostri porti fu d'ordinario almeno di un anno.

76. Appena stabilito un cassone, con o senza fondo, è necessario difenderlo dall'impeto delle onde mediante scogliera, affinchè le tempeste non sconnettano la massa mentre non è indurita abbastanza da resistere, e per impedire che le onde percuotendo

(1) Il più grande cassone impiegato nel prolungamento del molo orientale ebbe una cubicità intorno ai 2,600 metri. — I cassoni da usarsi nel molo occidentale dovrebbero averne piucchè 6,000.

(2) Sganzin, vol. II, p. 337.

contro la parete verticale reagiscano sul fondo, e, se costituito di materia sottile, ne scalzino le fondamenta [1], pratica che fu sempre seguita in tali costruzioni nei nostri porti, meno nel caso speciale del cassone di cui tratta il §. 168, il quale però andò perduto.

77. I pregi di questo sistema sono la solidità che ne risulta più prontamente alla fondazione.

78. Gli inconvenienti sono:

1.° La difficoltà di aver dei cantieri di lavorazione intorno al luogo dello affondamento, comune ai cassoni con o senza fondo;

2.° La difficoltà di preparare bene appianato ed a livello il fondo sovra del quale i cassoni vogliono essere stabiliti;

3.° La difficoltà di affondarli in perfetto allineamento a causa della profondità d'acqua, dell'azione delle correnti, dei dislivelli delle maree del mare per poco agitato [2];

4.° I pericoli ai quali resta esposto un cassone per tutto il tempo in cui si trova in lavorazione dal varo al totale riempimento, e riparazione con iscogliere, che sono pur comuni ai cassoni senza fondo;

5.° Le difficoltà che s'incontrano nel riunire le murature di due cassoni successivi, comuni pure ai cassoni senza fondo;

(1) Sganzin, vol. II, p. 334.
(2) Pag. 332, idem.

6.° La necessità di collocare un solo cassone alla volta, e successivamente, onde valersi dell' uno stabilito per comunicare col successivo, ed agevolare la lavorazione, e l' impossibilità di lavorare quando il mare è agitato, ciò che riduce il periodo di lavorazione a poco tempo di estate, e fa sì, che un' opera non possa essere compiuta se non in un periodo di tempo considerevole; condizioni comuni ai due generi di cassoni;

7.° La gravità delle spese a cui dà luogo questo sistema in ragione del prezzo elevato dei cassoni, e delle murature di riempimento, che dai lavori eseguiti nel porto di Genova si possono ritenere, per quella località, a fronte del sistema a scogliera nel rapporto di 5 a 2;

8.° La circostanza infine, che, se venga distrutto un cassone dal mare nel lungo periodo di tempo in cui vi resta esposto in corso di lavorazione, enorme è il danno che ne risulta d'un tratto, in ragione della estensione della massa che viene perduta; comune ai due generi di cassoni.

79. E per ragioni d' economia, ed a causa delle difficoltà che s' incontrano nella riunione di due cassoni successivi, questo sistema fu praticato sempre promiscuamente con quello a scogliera nei prolungamenti ultimi dei due moli di Genova, tuttavia il prezzo dell' opera così combinata risultò intorno al doppio di quello di una fondazione a semplice scogliera.

FONDAZIONE A CASSONI SENZA FONDO.

80. Il sistema di fondazione a cassoni senza fondo, in brevi termini descritto da Vitruvio [1], fu usato nei tempi moderni negli anni 1786–1788 nelle riparazioni dell'antemurale di Civitavecchia e del molo di porto d'Anzio [2], dal 1823 al 1830 nel prolungamento del molo orientale, e 20 anni dopo in quello del molo occidentale del porto di Genova.

Lo fu poco dopo il 1833 nelle riparazioni dei moli del porto d'Algeri dall'ingegnere Poirel, il quale ci ha fornito una descrizione accurata dei procedimenti praticati, dalla quale ricaviamo le nozioni seguenti.

81. Consiste questo sistema nel costrurre sopra appositi scali dei cassoni di legno o metallo di forma e dimensioni convenienti, e simili alla fondazione che si vuole stabilire, gettarli al mare, trarli al luogo della fondazione, immergerli e riempierli di bitume colla massima sollecitudine possibile.

82. Non dovendo i cassoni resistere alla pressione esterna dell'acqua, come accade in quelli con fondo, possono essere costrutti con armature di legname o ferro assai più leggiere; tuttavia è necessario che

(1) Traduzione di Carlo Amati, pag. 151.
(2) Amati, idem, pag. 151.

le pareti risultino tali da potér sostenere la spinta del bitume di cui vengono riempiuti.

83. Questi cassoni vennero sempre usati senza coperta, non essendo qui il caso di farne uso come nei cassoni con fondo, dove si lavora a secco, e dove la coperta è necessaria per impedire che nelle piccole agitazioni del mare l' acqua vada ad innondare il cassone.

84. Quando il riempimento di bitume è completo, per impedire che venga alterato dal mare agitato basta ricoprire la cementazione con tela incatramata, chiodata ai margini, e caricata con zavorre di ferro. (1)

85. In questo sistema non è necessario di preparare il fondo a livello come pei cassoni con fondo, ma occorre di ritagliare il fondo delle pareti del cassone giusta la forma esatta del terreno su cui devono posare, affinchè, collocati a sito, vadano a combaciare col medesimo.

86. Una delle condizioni di riuscita di questo sistema è quella di impedire che il bitume versato nei cassoni sia slavato dall'azione del mare. A tale proposito Poirel dice nei termini i più precisi (2):

Soltanto dopo essersi premuniti contro tutte le cause che tenderebbero a facilitare lo slavamento del bitume si può adottare con sicurezza questo sistema di fondazione.

(1) Poirel, pag. 59, idem.
(2) Pag. 7, idem.

87. A quest' oggetto egli prescrive di fare al cassone un fondo di grossa tela incatramata, ampia abbastanza perchè possa adattarsi a tutte le sinuosità del terreno naturale su cui va a posare, ed impedisca che l' azione del mare agisca pel dissotto, e slavi il bitume.

88. Una pratica perfettamente simile fu costantemente usata dal costruttore Calamata [1] nelle riparazioni ai moli de' porti di Civitavecchia e d'Anzio.

89. A riguardo di questo fondo a borsa di tela Poirel si esprime in questo modo: [2]

La tela che forma il fondo della cassa è la parte essenziale, e capitale di questo modo di costruzione, quella senza di cui sarebbe completamente difettoso; con una semplice cassa senza fondo sarebbe impossibile che le pareti fossero ritagliate esattamente a seconda del profilo del suolo sul quale devono posare, e d'altronde, quando pure ciò fosse praticabile, non si avrebbe mai la certezza di poter immergere la cassa esattamente al luogo per cui si sarebbe preparata, quindi resterebbero sempre dei vani fra la cassa ed il suolo, e l'onda, introducendosi per di sotto delle pareti della cassa, penetrerebbe nella massa del bitume, mentre nelle casse a sacco l'azione dell' onda non ha mai direttamente luogo contro il bitume stesso, ma soltanto contro la tela, ch' essa può percuotere senza che ne resti slavata la materia che avviluppa.

(1) Cialdi, pag. 129.
(2) Poirel, pag. 6.

90. I cassoni di questo genere usati da Calamata e Poirel furono sempre di piccole dimensioni, e servirono soltanto per riparazioni di moli esistenti, nè quindi furono impiegati per fondazione di nuovi moli.

91. Nei prolungamenti de' moli di Genova se ne collocarono alcuni sulla scogliera nella parte superiore degli intervalli esistenti fra i grandi cassoni con fondo, ed esternamente a difesa di questa parte medesima delle opere.

All' antemurale di Civitavecchia, e nelle riparazioni del molo di Algeri erano collocate pure sulle scogliere esistenti, sopra uno allineamento, ed innanzi alle fronti che doveano essere ricostrutte.

92. *Queste linee di cassoni erano difese contro la violenza delle onde da una scogliera mista di massi artificiali, e di massi naturali* [1] tanto ad Algeri, quanto a Civitavecchia. Nei moli del porto di Genova il piccolo numero di tali cassoni, che vi fu impiegato, fu difeso con iscogliera naturale, e questa scogliera Sganzin pure e Reybell prescrivono di stabilire per difendere i cassoni nel tempo in cui il bitume si rassoda. [2]

93. I più grandi cassoni di questo genere, impiegati ad Algeri, furono della capacità di 200 metri cubi. [3]

(1) Poirel, pag. 9, e Auniet, pag. 151.
(2) Sganzin, vol. II, pag. 334.
(3) Poirel, pag. 9.

94. Siffatti cassoni possono usarsi convenientemente, a giudizio di Poirel, *sebbene non abbiano mai avuto la sanzione della esperienza*, a profondità spinte fino a 7 ed 8 metri; egli dice a questo riguardo [1]:

Si potrebbe ugualmente stabilire il cassone-sacco sopra il suolo naturale, purchè la profondità non sia maggiore di 7 ad 8 metri, poichè, passato questo limite, sarebbero necessari cassoni di una dimensione troppo grande.

95. I pregi di questo sistema consistono nel procurare, se riesce, in breve tempo una solida fondazione.

96. Gli inconvenienti, oltre tutti quelli che ha comuni col sistema a cassoni con fondo, sono:

1.° La difficoltà di ritagliare il fondo delle pareti giusta la perfetta conformazione del suolo sopra del quale devono posare;

2.° I maggiori pericoli cui vanno esposti i cassoni nelle operazioni del varo, del rimorchio, del riempimento, a ragione della maggior fragilità che hanno a fronte de' cassoni con fondo, e quindi la necessità di una maggiore riserva nello affondarli, il che riduce il periodo di lavorazione ai tempi di rigorosa calma assicurata, e più ancora, che nel sistema a cassoni con fondo, allunga il periodo d'eseguimento di un' opera;

(1) Poirel, pag. 23.

3.° La necessità di dover caricare i cassoni con pesi proporzionati per mandarli, ed assicurarli sul fondo se sono di legno;

La necessità di sostenerli galleggianti pel rimorchio e collocamento, mediante appositi sostegni, se sono di ferro;

4.° La difficoltà estrema di collocarli nel preciso sito del suolo, giusta il profilo del quale venne ritagliato il fondo delle pareti;

5.° La spesa che risulta probabilmente maggiore d'ogni altro sistema, avendosi da saggi fatti per prova ad Algeri, che Poirel ritiene applicabili nella maggior parte de' porti del Mediterraneo, che tale costruzione con cassoni di legno (i più economici) importerebbe 47 lire al metro cubo.

CAPO II

ANALISI DI OPERE ESEGUITE
COL SISTEMA DI FONDAZIONE A SCOGLIERA.

97. Questo capo è destinato a passare a rassegna alcune delle opere eseguite con fondazione a scogliera, per cavare argomento di precetti dall'osservazione pratica, e sciogliere alcune difficoltà, che dagli oppositori sono obbiettate contro al sistema, come conseguitanti dall'esame delle opere medesime.

Entreremo quindi in materia, ed affronteremo dapprima la maggiore delle difficoltà, che ci è presentata come argomento di sconfortante comparazione, e di funesto vaticinio per la fondazione, che si sta lavorando nel nostro porto di Genova.

98. La distruzione della gettata del Béquet:

Ma non possiamo a meno di paventare (vien detto) (1) *che la proposta gittata non sia per incontrare la sorte di quella del Béquet citata dal colonnello Emy a pag.* 72, *la quale, sebbene avesse* 360 *metri*

(1) Sauli, pag. 33, idem.

di lunghezza, fosse larga 30 metri, ed andasse composta di massi di granito oltre ogni misura pesanti, quando venne assalita dal mare non potè resistere all'urto, fu conquassata, e dovette in breve cadere in rovina.

Facciamoci ad esaminare qualche particolare di questa gettata, e per averne esatta notizia ricorriamo all'opera di De-Cessart autore della medesima, dove se ne trovano i dettagli.

Da questa si rilevano i seguenti cenni [1]:

La necessità di avere un ricovero temporaneo, a riparo del quale si potesse caricare con sicurezza una parte delle pietre occorrenti per la formazione della diga di Cherbourg, indusse a dover fare delle opere provvisorie in mare su quella costa presso alle cave del Béquet in una posizione esposta alla violenza delle onde per modo, che a riguardo dei lavori praticati De-Cessart così esprimevasi [2]: *on peut dire que nous avons été en quelque sorte obligés de vaincre la nature.*

Le opere progettate ed adottate furono un molo a travate di legname:

Le projet, restreint à une estacade en charpente, fut approuvé par un arrêté du conseil [3]. *La nécessité d'économiser les matériaux, et encore plus le temps qui devient inappréciable dans les opérations politiques ont*

(1) De Cessart, vol. II, pag. 325, idem.
(2) Id. vol. I, pag. 35.
(3) Id. vol. II, pag. 325 - 326.

fait donner la préférence à une estacade en charpente. Le projet fut achevé au mois d'octobre 1787, *etc. etc.*

Da questo veniamo a conoscere, che la parte principale di quella gittata era opera di legname, a basare la quale fu praticato un impietramento di minimo pietrame in posizione dove, stante la piccola profondità d'acqua, l'impietramento trovavasi intero nella zona esposta alla massima violenza delle onde dell'Oceano. Sulla sommità di questo impietramento, e per proteggere il piede delle travature di legname, furono collocati dei massi di granito del volume dai 0.55 ai 0.61 centesimi di metro cubo. (1)

La gettata adunque del Béquet era un'opera mista di legname basato sopra un ammasso di minime pietre, e difeso da massi di granito, i quali, sebbene dal colonnello Sauli vengano adesso nobilitati col titolo di *oltre ogni misura pesanti*, non erano in realtà al massimo che 0.61c., vale a dire esattamente la cinquantesima parte di ognuno dei massi più grandi, che di 35 metri ciascuno sono destinati al molo di Genova!

A vece di un molo in legname, noi stiam per fare un'opera in solidissima struttura murale, ed a vece di un ammasso di minime pietre per fondazione con massi di 0.61c. a difesa, noi intendiamo di praticare una regolare scogliera di grandi massi, difesa con altri dell'enorme volume perfino di 35

(1) Emy, pag. 72, - Sganzin, vol. II, pag. 268.

metri ciascuno, e noi siamo nel Mediterraneo, senza correnti di marea, senza le onde, e senza gli uragani dell'Oceano!

Se l'opera del nostro molo sia quindi comparabile colla gettata del Béquet, ed abbia seriamente a cadere in animo ad alcuno, che ne possa incorrere la sorte, ci basterà averne riferito i particolari, perchè ognuno possa farsene un giusto criterio, senza che noi abbiamo a portarne espresso giudizio.

99. Segue l'esempio della scogliera di Bologna sul mare.

[1] *Prima però d'innoltrarci a parlare di questi colossali lavori* (Cherbourg), vien detto, *gioverà notare, che il loro esempio indusse la Francia a proporre nel* 1835 *di coprire con argini fatti a scogliera l'ancoraggio di Bologna sul mare nel modo stesso, che si era già fatto ad Ostenda, ma quei lavori riuscirono a male, e fu creduto opportuno di abbandonarli.*

Ricorriamo all' opera di Sganzin [2] e vi troveremo qualche maggiore notizia a questo riguardo. Egli dice: *Questo modo* (jetées en enrochements per sponde di difesa di canali d'ingresso a porti dell'Oceano) *è stato non ha guari applicato alla nuova gettata sud-ovest del porto di Boulogne, ma senza ottenervi lo stesso risultato.*

A misura che il massiccio di scogliera innalzavasi

(1) Sauli, pag. 7.
(2) Vol. II, pag. 309, idem.

al di sopra delle acque, esso provava delle avarìe, che nella stagione delle tempeste si succedevano senza interruzione, facendo scomparire i massi negli scavamenti al piede della gettata. Questa circostanza, e la difficoltà di ottenere delle pietre di un volume sufficiente, hanno determinato ad eseguire tutta la lunghezza della gettata a Chiaravia. La platea e la controscarpa sono state formate colle parti inferiori delle scogliere sussistenti.

Da questo noi impariamo che, costrutta la scogliera sino al livello delle acque di bassa marea, che è la parte di fondazione, che interessa la nostra quistione, sebbene composta di pietre di volume insufficiente, resistette bene senza veruna avarìa, e soltanto la parte superiore al livello delle acque, che si volea pure eseguire in pietrame, e che rappresenta la sovrastruttura de' nostri moli, ebbe a soffrire avarìe, e fu dimessa l'idea di continuarla in tal modo, non per poca confidenza nel sistema, *ma per mancanza di pietre di sufficiente volume.*

Cambiato sistema nella formazione della sovrastruttura, la scogliera nella parte di fondazione non andò a male, nè fu abbandonata, *ma restò, e servì a formare la platea e la controscarpa dell'opera.*

100. Passiamo ad esaminare le scogliere descritte dal colonnello Emy (1) che si volevano costruire nella baia di San Giovanni di Luz, e che, si dice, *fu prudenza di abbandonare dopo di averle tentate.*

(1) Emy, pag. 125.

Queste sono le scogliere di cui parla Emy a pag. 125, le quali sembra inesatto il dire, che fosse prudenza lo abbandonarle dopo di averle tentate, poichè l'autore dice a chiare note, *che non furono incominciate*, e non lo furono perchè la violenza delle onde nel golfo di Guascogna è estrema, e superiore a quanto si verifica sovra ogni punto delle coste che la Francia ha nell'Oceano.

Tanto è vera quest'asserzione della estrema violenza delle onde in quella località, che altri moli intrapresivi nel 1783 da Bremontier in solida muratura, e descritti pure da Emy [1], furono tosto danneggiati; interrotti poi per causa della rivoluzione francese deperirono in breve, e furono abbandonati *par suite de la conviction où l'on est depuis demeuré, que dans cette position aucune construction n'était praticable.*

101. Questi son tutti i sinistri in fatto di fondazioni a scogliera, che il colonnello Sauli adduce a comprova dell'esito infelice, che, a suo avviso, dovrà avere la fondazione del nostro molo. Noi avremmo invero creduto, o ci saremmo aspettato che, in prova dell'assunto, e per nostra istruzione, ne fosse addotto alcun esempio di regolari fondazioni a scogliera comparabili al caso nostro, e composte di massi superiori ai 10 metri cubi, distrutte dalle onde, sian pur quelle dell'Oceano, od almeno gra-

(1) Emy, pag. 126.

vemente danneggiate, ma non ne troviamo uno solo, e dobbiam pur credere, come crediamo, che alcuno non ne presenti la storia dell'arte fra le centinaia d'opere praticate nel mare con sistema a scogliera, che se pur ne esistessero non si sarebbe per fermo mancato dal produrli.

Confessiamo che i casi addotti non sono bastanti a smoverci da quella fede, che abbiamo riposta nel sistema adottato, e che i precetti dei grandi maestri, la pratica dei più distinti ingegneri, *l'essere il sistema generalmente assai decantato* (1), tutte le grandi opere eseguite, ed una qualche esperienza delle cose di mare da noi acquistata, ci dan diritto a conservare.

102. Entriamo adesso in qualche considerazione sopra l'opera della gran diga di Cherbourg, la quale ha formato oggetto di studio dei più grandi ingegneri marittimi e della Francia, e di altre nazioni da piucchè mezzo secolo, ed ha sparso tanta luce colla sua storia sopra questo ramo di sì difficili costruzioni.

Il colonnello Sauli ci ha fornito un elegante sunto degli uragani che infierirono contro quest' opera nel periodo di sua costruzione, e dei disastri che ne conseguitarono; noi ci proponiamo di investigare le cause di tali disastri, e dedurre il modo di evitar simili danni in altra nuova opera di quel genere, ed a tale oggetto ci faremo a rintracciare:

(1) Sauli, pag. 63.

I particolari della costruzione, ed a distinguere i danni, che toccarono alla fondazione della diga, od alla parte costantemente immersa, che rappresenta con molta approssimazione la fondazione de'nostri moli;

I danni, che toccarono alla parte emersa, che rappresenta la sovrastruttura de'nostri moli, e vien secondaria nella discussione, che ha per oggetto la fondazione del molo di Genova;

Se i danni, che toccarono alla fondazione si dovessero attribuire a difetto del sistema a scogliera, ovvero a difetto del modo con cui era praticato questo sistema;

E se infine altre cause secondarie e straordinarie concorressero a produr questi danni.

La posizione della diga di Cherbourg, all'estremità della penisola del Cotantin interamente foranea, è tale, che l'opera dovea risultare, e trovasi in fatti esposta ai più violenti e frequenti oragani che dominano in quella rada dall'est-nord-est, all'ovest-nord-ovest, dove, alle onde dell'Oceano sollevate e risospinte dall'oragano, si uniscono talvolta le correnti della marea; tre potenze devastatrici.

Onde affrontarle con isperanza di riuscita nello stabilire la nuova diga, che dovea servire di riparo alle forze navali della Francia, e difenderle con poderose opere di fortificazione, era indispensabile lo adottare sistemi di costruzione della massima resistenza.

La Bretonnière sino dal 1777 propose di formar quest'opera in massima parte a pietre perdute, ma

l'idea parve troppo semplice, e non fu approvata; per isventura accade sovente, che lo spirito umano, per restare colpito ed appagato, ha bisogno di qualche cosa che presenti del complicato e del difficile.

Fu invece adottato nel 1781 il progetto di De-Cessart, il quale consisteva nello immergere 64 vastissimi cassoni di legno in forma di tronco di cono colle basi a contatto, riempierli di minuto pietrame sino al livello delle basse maree, formare nella parte superiore opera di solida struttura murale, e questi doveano costituire la diga.

Se l'opera fosse stata compiuta con questo sistema, il quale era stimato il più economico, avrebbe presentato un lavoro incompleto, in cui la parte vuota, esistente fra uno ed un altro cassone, uguagliava prossimamente la parte occupata dai cassoni, o in altri termini, tanto sarebbe stato il vano interposto, quanto lo spazio occupato dal complesso dei cassoni.

E frattanto, dall'esperimento dei 18 cassoni collocati negli anni successivi, si ebbe a riconoscere che, per compiere l'opera, sarebbero stati appena bastanti un periodo di tempo di 20 anni di lavorazione, ed una spesa totale di 80 milioni di lire [1].

Intrapreso l'eseguimento di questo progetto nel 1784, e continuato collocando 18 cassoni non più

(1) Cachin, Mémoire sur la digue de Cherbourg, pag. 6, Paris, 1820.

a contatto colle basi, ma a distanze diverse, e versando fra l'uno e l'altro per completare la diga di quello stesso minimo pietrame, che dapprima dovea gettarsi riparato entro i cassoni, fu condotto con varia fortuna sino al 1788, epoca in cui si dovette finalmente abbandonare per le avarìe, che erano arrivate ad alcuni dei cassoni, e per la impossibilità di riuscita che si ravvisava in questo sistema.

Fu allora che, a malgrado delle difficoltà dei luoghi e dell'opera, e più ancora a malgrado di altre difficoltà maggiori create dal maltalento degli uomini, e che Cachin con vivaci colori ci descrive nella sua opera [1], fu adottato il partito di continuare la diga con semplice scogliera.

(1) Cachin, Mémoire sur la digue de Cherbourg, pag. 20, Paris, 1820. — *L'exécution de ces travaux extraordinaires devait éprouver sans doute de très-grandes difficultés: des hommes timides, ou peu exercés dans l'art de maîtriser l'action des flots, ont pu les croire insurmontables.*

Mais l'expérience a souvent prouvé que les obstacles qui naissent des localités sont moins difficiles à vaincre que les entraves suscitées par un misérable esprit de rivalité, ou de jalouse malveillance, qui s'attache communément aux entreprises nouvelles, et d'une grande importance.

Les travaux de Cherbourg en ont fourni des exemples remarquables. On a vu tour-à-tour des officiers des différentes armes, des ingénieurs de tous les services, des membres du conseil d'État, revoquer en doute la réussite des projets adoptés; en critiquer avec amertume toutes les dispositions; les signaler comme un objet de dépenses inconsidérées sans nulle chance de succès; exciter le gouvernement à les abandonner, et lui proposer des innovations plus ou moins dangereuses. Les uns et les autres semblaient évoquer

La distruzione successiva delle casse coniche fece trionfare il sistema delle dighe a pietre perdute, che fu da quel momento considerato come il solo mezzo di costruzione da usarsi con qualche speranza di riuscita.

In questo modo adunque si continuò l' opera col versamento sempre di minimo pietrame di un quinto di piede cubo, e con ordine inverso a quello che l'arte insegna, cioè, sullo stesso profilo transversale, estendendosi dal centro della diga verso l'estremità delle due scarpe, e lasciando che il pietrame versato, sotto l'azione del mare prendesse la scarpa, che meglio risultava conveniente alla sua stabilità.

Sembra che per ragioni di economia fossero usate pietre di volume sì piccolo; osserverem tuttavia che si avea difetto assoluto di dati d'esperienza, i quali facessero conoscere qual volume fosse necessario ai massi per resistere contro l'azione massima delle onde in quei mari, ed in fatti vediamo la commissione del 1792, incaricata dall'Assemblea Nazionale di riferire intorno allo stato di quelle opere, ed al modo di loro eseguimento, composta di uomini d'arte distinti, fra i quali Lamblardie e l'istesso Cachin, emettere l'erronea opinione, che

les tempêtes pour en faire considérer les effets comme le présage d'une destruction certaine.

Il est juste de dire toutefois, que l'homme d'état qui a vu commencer et finir l'exhaussement de cette partie essentielle de la digue de Cherbourg pendant la durée de son ministère, s'est montré constamment inaccessible à ces perfides insinuations.

bastassero a quest' oggetto massi del volume massimo di 0.89c., mentre l'esperienza mostrò in seguito, che in tale località quelli di 10 metri appena cominciavano ad avere qualche resistenza.

La continuazione della diga dovea essere fatta con questo sistema non solo per la parte di fondazione sottoposta alle basse maree, ma anche per la parte superiore sino a 3 metri sopra al livello delle maree più alte, e fu tentato infatti di elevarla e proteggerla con rivestirne le scarpe di massi più grandi, i quali, di un volume di 0.58 dapprima, furono portati successivamente a 0.89, e quindi a 2 e 3 metri, ma non ad un volume maggiore, come esplicitamente ci dichiara Poirel. (1)

Con una costruzione simile, facendo uso cioè d'un materiale di volume assolutamente incapace a resistere, specialmente nella parte superiore tutta esposta alla massima azione delle onde, quella costruzione dovette necessariamente subire avarìe considerevoli. Ma se osserviamo alle parti che ebbero maggiormente a soffrirne, noi troviamo che, tranne le avarìe dal 1788 al 1789, che toccarono alla parte di fondazione inferiore alle acque di bassa marea, e che, oltre alla piccolezza delle pietre, doveano anche attribuirsi alla mancanza di sufficiente scarpa dal lato del largo, li successivi danni toccarono quasi sempre interamente, ed esclusivamente

(1) Pag. 19.

alla parte superiore, o di elevazione al dissopra delle basse maree. Questo ricaviamo dalla memoria di Cachin, e di questo Lamblardie espressamente ci avverte in più luoghi del suo sunto storico annesso al v. II dell'opera di Sganzin, ove in fine, parlando degli effetti della tempesta avvenuta sotto la data 3 marzo 1824, egli ripete:

Ma ebbesi ancora in questa circostanza l'occasione di osservare che, al disotto del livello di bassa marea d'acqua morta, la scarpa non aveva menomamente sofferto. L'effetto distruttore dell'onda non si fece sentire se non che sulla parte superiore, e quest'osservazione venne in appoggio di quelle, che si erano precedentemente fatte.

Questa lotta fra la potenza del mare che sconvolge in modo più o meno esteso la parte superiore della diga, e la perseveranza degli uomini a ristabilirla durò fino a quando nel 1829, riconosciuta l'insufficienza dei piccoli massi a resistere, si prese la determinazione di formar la parte superiore alle acque di bassa marea con una sovrastruttura, o molo continuato in solida muratura, difenderne il piede con massi di cementazione di grande volume formati sul luogo istesso dell'opera.

Se però la diga di Cherbourg cominciata con un sistema a cassoni, continuata con sistema misto a cassoni e pietre perdute, e ridotta in fine ad un' opera a semplici pietre perdute di piccolo volume, coperta nella parte superiore con qualche masso di

volume poco più grande, ebbe a sopportar avarìe pel modo incerto, e pei mezzi insufficienti coi quali fu condotta, ebbe altresì a soffrire per altre circostanze particolari de' luoghi e de' tempi.

La esposizione de' luoghi e la violenza delle tempeste è tale in quella rada che, fra le moltissime dalle quali fu colta nel tempo di sua costruzione, noi possiamo notarne quattro violentissime, che l'assalirono nel solo breve periodo di 18 mesi, dal 18 febbraio 1807 al settembre 1808, e vi arrecarono più o men gravi danni. L'elevazione poi della marea arriva all'enorme altezza di metri 7,15c.

Interrotti inoltre i lavori nel 1791, e ripresi nel 1802, sospesi di nuovo nel 1813, furono riattivati nel 1824, ed ebbero in tal modo a restare abbandonati alla sorte due volte, e per lo spazio di più anni, circostanza questa che sola avrebbe forse bastato a produr la rovina dell'opera, se fosse stata eseguita con un altro qualunque de' sistemi di fondazione.

103. Da questa breve esposizione del modo di eseguimento seguito nel formare quell'opera importante, e dalle circostanze dei luoghi e dei tempi, noi dedurremo le seguenti conclusioni :

I danni successivamente avvenuti all'opera in eseguimento sono in piccola proporzione toccati alla parte inferiore alle acque di bassa marea, e che per la sua giacitura può con qualche approssimazione assomigliarsi alla fondazione de' nostri moli del Mediterraneo, e la più gran parte delle avarìe accadde

alla parte superiore dell'opera, comparabile alla sovrastruttura de' nostri moli.

E le une e le altre sono dovute particolarmente al modo incerto ed imperfetto con cui furono iniziati e condotti nei primi tempi i lavori, e per vicende varie, e per difetto di dati d'esperienza, ed alla insufficienza de' massi di pietra impiegati nella costruzione, osservazione questa che ci è fatta da Emy, Lamblardie, e quanti altri trattarono di questa opera, e che è una conseguenza diretta dei principii rammentati nella prima parte di questo scritto; ed infine: che contribuirono ad aumentare i danni le interruzioni, alle quali per vicende politiche l'opera dovette andare soggetta.

104. Il complesso di queste circostanze è tale, e così esclusivo, che a buon dritto può dirsi, la storia dell' eseguimento di quella diga essere una vera eccezione, cui invano si cerca qualche cosa di simile nella storia dell'arte.

105. Frattanto la base dell'opera, in forza dell'immenso accumulamento di minuto materiale, conformata a guisa di un' isola artificiale, presentando alla violenza del mare una scarpa allungata e ridotta in forma di una vasta spiaggia, ha oramai acquistato i caratteri della più inconcussa stabilità. E noi sappiamo da Sganzin [1], che l'opera nelle parti compiute, a malgrado delle molte avarìe, e riparazioni cui

[1] Vol. II, pag. 318.

andò soggetta, costò, ogni cosa compresa, la somma di L. 18,500 per ogni metro lineare, e così intorno a 70 milioni fu la spesa complessiva dell'opera intera.

Paragonato questo risultato colla spesa presunta del progetto di De-Cessart, si ricava che si ebbe tuttavia una minore spesa di 10 milioni all'incirca.

106. Alla persistenza adunque che i La-Bretonnière, i Cachin, e gli altri uomini illuminati del tempo adoperarono nel propugnare il sistema di fondazione a pietre perdute, che fu seguito, la Francia va debitrice, e non è piccolo debito di riconoscenza, se, a vece di un'opera quale era quella di De-Cessart di esito incerto, incompleta, labile, e peritura fra breve lasso di tempo, possiede adesso, e con economia non lieve, un'opera monumentale della più salda stabilità, destinata a sfidare gli insulti dei secoli, ed a tramandare alle lontane generazioni un saggio non piccolo della potenza nazionale, della forza del genio, e dell'umano ardimento.

107. Il colonnello Sauli ritiene che lo imitar la costruzione della diga di Cherbourg nei lavori del nostro molo sia opera molto arrischiata, e poco assai conveniente alla ristrettezza delle nostre finanze.

Lo studio delle grandi opere, che appartengono al genere, che si vuol riprodurre in opere nuove, ebbe sempre per noi l'oggetto costante di rilevarne i pregi ed i difetti, imitar quelli, evitar questi, e così speriamo si potrà fare nell'opera del nostro molo, e di ciò dan saggio le disposizioni adottate,

ed i mezzi che si han disponibili per attuarle; per quanto poi riguarda la convenienza della ristretta nostra finanza, al Capo III mostriamo come il sistema ed i profili adottati sono quelli che tornano più convenienti, ed intanto noteremo potersi ritenere fin d'ora, se non andiamo errati, che, se collo imitare il sistema di fondazione seguito a Cherbourg si ottiene l'opera nostra con una spesa totale di L. 11,700 a metro corrente, la convenienza sia molto maggiore di quella, che si arrecherebbe coll'attenersi al sistema a cassoni misti a scogliera, che le precedenti più saggie amministrazioni seguirono pell'ultimo prolungamento dell'istesso molo, il quale importò la rilevante somma di piucchè 17 mila lire al metro, e senza muro di sponda o calata nè interno, nè esterno al porto, e ne importerebbe non meno di venti nel nuovo prolungamento dove assai maggiore è la profondità.

108. Cadrà intanto in acconcio il ricordare, che l'opera di Cherbourg colle sue varie vicende, e gli studi cui diede luogo, apportò un notevolissimo progresso a questo ramo dell'arte nostra, la quale, dallo stato incerto, non regolato da leggi o norme ben definite, in cui era all'epoca dell'intraprendimento della diga, trovasi ora condotta a norme certe ed inconcusse, che già abbiam ricordate, risultato pel quale una gran parte di merito vuolsi attribuire a Cachin, giusta la sentenza degli scienziati De Prony, Dupin e Girard[1].

(1) Cachin, pag. 74.

109. Non è per noi oggetto di lieve sorpresa il sentire asseverato che la storia della scogliera di Cherbourg, che a buon diritto, per le addotte circostanze, ritenevamo come un'opera eccezionale, *sia quella pure di tutte le scogliere, sia qualunque il luogo dove furono stabilite* (1).

Se si trattasse di una semplice opinione individuale emessa in questo senso, potremmo rilevarne l'inammessibilità con osservare che, in termini generali, una scogliera la quale sia costrutta in un mare assai meno tempestoso dell'Oceano, in Mediterraneo ad esempio, ed in luoghi meno esposti che non era la rada di Cherbourg, come ordinariamente accade, e sia fatta altresì non di minimo pietrame, ma con massi di maggior volume, e con quelle norme che si dedussero appunto dall'opera di Cherbourg, non potrebbe andar soggetta alle stesse avarie, e quindi uguale non ne potrebbe essere la storia; siccome però qui non si tratta di opinioni, ma sì di storiche testimonianze, e noi procederemo a consultare la storia per rilevarne se effettivamente si rincontrino molte opere importanti fondate a scogliera, le quali andassero soggette ad avventure simili a quelle, che toccarono all'opera di Cherbourg.

110. E prima in ordine di tempo si presenta nell'Oceano, dopo quella, il frangiflotti di Plymouth.

(1) Sauli, pag. 13.

Quest' opera, situata nel centro della baia di Plymouth, protetta da tutte le parti, tranne dal lato sud, dalle coste assai elevate della baïa, ha metri 1554 di lunghezza, e fu intrapresa dal celebre Rhermie nel 1812.

Dovea essere composta di una scogliera di fondazione elevantesi sino al livello delle acque magre con scarpe di tre di base sopra 1 d'altezza dal lato del largo.

Sopra di questa fondazione doveasi innalzare una seconda parte pure in iscogliera con massi maggiori, la quale si sarebbe elevata sino a 4 metri al dissopra delle acque di bassa marea.

In questo modo diffatti fu l'opera condotta sino al 1817, impiegandovi 428 mila tonnellate di pietre inferiori ad una tonnellata ciascuna, e 590 mila tonnellate di massi da 1 a 10 tonnellate ciascuno [1]. E Dupin [2], il quale fu testimonio oculare, espressamente ci avverte, *che i massi per la fondazione erano gettati in mare senza disposizione particolare nei limiti determinati dal tracciamento della scogliera*, e che nella parte superiore ed emergente erano disposti con maggior cura bensì, ma senza alcuna cementazione [3].

Così procedendo l'opera, se ne trovò compiuta una gran parte in tutta la sua altezza, quando nel

(1) Sganzin, vol. II, pag. 269, idem.
(2) Voyage dans la Grande Bretagne, 1824, pag. 275.
(3) Idem, pag. 276.

1817 avvenne un oragano tale, che i più vecchi abitanti del luogo non ricordavano averne veduto di simile [1]. L'effetto che produsse sull'opera fu di demolire lo *strato superiore* per la lunghezza di 200 metri, stendendone le pietre lungo le scarpe della fondazione, la quale non ebbe a sopportare danno veruno, ma solo si trovò le scarpe più estese e rinforzate.

Si diede opera successivamente a riparare i danni avvenuti, ristabilendo la parte superiore alle acque di bassa marea, che era stata demolita, e si continuarono i lavori sino al 1824, quando avveniva una di quelle bufere secolari, gigantesche, che sulle coste dell'Oceano lasciano indelebile traccia di sè nella mente dell'uomo che le contempla, la quale, gonfiando le acque a quasi 3 metri [2] sopra la massima alta marea, rovesciò nuovamente un più lungo tratto del coronamento.

Questi furono i più forti danni che il frangiflotti ebbe a sopportare, e notiamo che sino a questo punto non vennero usati che massi del volume massimo inferiore a 4 metri, gettati senza disposizione particolare nella fondazione, con maggiore accuratezza nella parte emergente, ma senza cemento. Ed è pertanto erroneo il credere, che quando avvennero

(1) Cachin, pag. 80, riferito dall'Enciclopedia Britannica.
(2) Relazione manoscritta dell'ingegnere Chiavacci fatta sul luogo nel 1842.

siffatti danni l'opera fosse *formata con colossali quartieri di marmo riuniti con mastici tenacissimi* [1].

Fu appunto in seguito alla esperienza di quelle due tempeste, e diversi anni più tardi, che si credette necessario usare maggiori diligenze nella formazione della parte emergente, e dare all'opera più estese dimensioni perchè avesse forza a resistere.

Si adottarono infatti nuove disposizioni, che il signor Reybell nella pubblicazione dell' opera di Sganzin, anno 1841, ci descrive come in eseguimento a quell'epoca [2].

La sommità della diga fu portata da metri 9. 80 a 13. 75 di larghezza, si *formò allora una vasta banchina di* 20 *metri* dal lato del largo al livello della bassa marea, e la scarpa della parte superiore verso il largo, a partire da questa banchina sino alla sommità, fu formata con blocchi di marmo di una dimensione colossale riuniti con cementi della massima energia; ma appunto da che fu intrapreso questo modo più solido di lavorazione non troviamo ricordato accadessero nuovi danni considerevoli, neppure alla parte superiore.

Riassumendo le particolarità di quest' opera, troviamo da farsi le seguenti osservazioni:

Intrapresa nel 1812 sopra un pensiero unico, e con disposizioni meglio premeditate di quelle adot-

(1) Sauli, pag. 13.
(2) Sganzin, vol. II, pag. 259.

tale a Cherbourg, sia nello stabilire una scarpa conveniente dal lato del largo, sia nell'impiego di massi di maggior volume, sia nell'ordine di eseguimento dei lavori, ed in tal modo proseguita l'opera dovea condurre ad un risultato più soddisfacente, e così fu infatti, e noi vediamo, che la parte inferiore alle acque di bassa marea mai non ebbe ad essere sconvolta, e soltanto la parte emergente e di coronamento ebbe a soffrire sino a tanto che non ne fu perfezionato il modo di costruzione, ed il complesso non andò soggetto, che ad una parte delle molte peripezie cui ebbe a sopportare quella di Cherbourg.

In quest'opera pertanto, la costruzione della quale più si avvicina all'epoca in cui fu intrapresa quella di Cherbourg, troviamo di già che la storia ne differenzia essenzialmente, e che migliori disposizioni adottate condussero ad un risultato assai più soddisfacente.

111. Segue per ordine d'importanza nelle sponde dell' Oceano l'opera del frangifiotti del Delaware negli Stati-Uniti d'America a pietra persa.

Sganzin ci descrive [1] le particolari disposizioni adottate nella formazione di quest'opera, e la estensione delle scarpe, e l'accurata distribuzione de' massi secondo le varie zone in cui doveano essere collocati, disposizioni assai più ricercate e perfette, che non quelle adottate per l'opera di Ply-

(1) Vol. II, pag. 269, idem.

mouth, e che indicano abbastanza i progressi fatti dall'arte in questo genere di costruzione, e la storia non registra verun sinistro particolare, che toccasse a quest'opera

112 Abbiamo quindi nell'Oceano i moli de' porti di Holyhead, e Portland, opere dell'ingegnere Rendell, che trovansi tuttora in corso di costruzione, tutti fondati sopra scogliera a pietra persa. Di quelli di Holyhead ne fornisce alcune nozioni il colonnello Sauli, ottenute dallo stesso autore, il quale si mostrava completamente soddisfatto dell'esito dell'opera, abbenchè tempestoso sia il mare in cui è formata.

Se l'ingegnere Rendell si mostrava *intieramente soddisfatto* dell'esito, nè facea motto di avarie gravi toccate all'opera sua, noi non vorremo essere difficili più di lui stesso, e suppor che l'opera sia stata più volte *conquassata ed in parte distrutta* (1), ma ci crediamo pienamente autorizzati a conchiudere, che l'opera ha un esito completo.

E tal supponiamo sia quello dei moli di Portland, abbenchè difettiamo di speciali notizie, poichè, se fosse altrimenti provato, o fossevi il minimo dubbio dell'esito, ci sarebbe stato addotto in questa occasione ad argomento contro il sistema.

113. Dalle opere dell'Oceano passeremo ad esaminarne, ed in maggior numero, altre eseguite nel nostro mare, le quali sono più generalmente note,

(1) Sauli, pag. 15.

e più c'interessano, perchè maggiormente si avvicinano al caso nostro.

Già si accennò dei tre moli del porto di Civitavecchia, i quali rimontano alla più remota antichità, hanno attraversato i secoli della barbarie, certamente abbandonati alla sorte senza sufficienti riparazioni, eppure esistono a monumento della solidità del sistema.

114. Abbiamo quindi in tempi più recenti la prima parte del molo orientale del porto di Genova costrutta dall' architetto Boccanegra, e terminata nel 1301, descrittaci [1] da Foglietta, il quale ci narra i minimi particolari della costruzione, e ci fa conoscere, che non ebbe a soffrire particolari avarie, ma incontrò un esito felicissimo.

115. E tale sembra debba essere stato l'esito della seconda parte di detto molo fatta dallo Alessi nel 1563, della qual opera gli autori, mentre si mostrano ammiratori, non ne riferiscono alcun particolare danno incontrato.

116. Abbiamo in seguito notizia dei due speroni, coi quali nella seconda metà del secolo XVI la Repubblica di Venezia, seguendo il piano del celebre San Micheli, regolava, stringendola, la bocca del porto di Malamocco.

Il principale di questi (quello di destra) fu pure eseguito, e successivamente rincalzato con gettate di

(1) Banchero, Guida di Genova, pag. 674.

massi di pietra d'Istria. Contro questo sperone si rivolgeva con gran violenza la corrente della marea discendente, quando, cessato il flusso, vuotavasi l'ampio bacino delle lagune, e girandolo alla punta per volgersi nella tortuosa foce produceva così violenti vortici, che scavarono al suo piede profondità tali, che non sappiamo se altrove siavi esempio di fenomeno eguale. Queste profondità, prima della costruzione della gran diga di Malamocco, che raddrizzò la foce, raggiungevano i 40 metri, e la scarpa dello sperone si manteneva, malgrado ciò, prossimamente colla pendenza dell'1 per 1.

Noi crediamo, che nessuna opera murale avrebbe potuto resistere in quelle condizioni in cui resistette lo sperone costrutto con sassaia di pietra perduta.

117. Segue la quasi totalità del molo occidentale del porto di Genova costrutta negli anni 1638-1643 con fondazione a pietra persa, dell'architetto De-Mari [1], per la costruzione della quale ci si narra quanta somma erogasse la benemerita Banca di S. Giorgio, ma non ci è detto, che spendesse somma alcuna per riparare avarie gravi, che il mare avesse cagionate.

118. Di maggiore importanza tien dietro la formazione del porto di Cette intrapresa nel 1668, e di cui l'ispettore Raffainau de l'Isle, che ebbe ad

(1) Banchero, Guida di Genova.

occuparsi di quelle opere, ci fornisce un' estesa relazione [1].

In questa troviamo la descrizione di moli e frangiflotti eseguiti, del prolungamento più volte ripetuto dei medesimi, opere tutte in scogliera a pietra persa e nelle fondazioni, e nelle parti in elevazione, costrutte con quel sistema in seguito ai consigli dell'ingegnere olandese Yonse, che fu chiamato espressamente ad esaminare la pratica; ispezionate poscia dal celebre Vauban, il quale consigliò nuovi lavori in scogliera, che furono eseguiti, e questi ed i precedenti con felice riuscita.

119. Per non ripetere troppo a lungo la storia di altre opere marittime fondate nei nostri mari a pietra persa, le quali esistono della massima solidità, storia che si riproduce ad un dipresso negli stessi termini di buon risultato senza particolari avarìe, ci limiteremo a parlare di alcune opere affatto recenti, e più di tutte le altre concludenti al caso nostro. Sono queste:

Il molo di Porto Maurizio, sebbene di lieve importanza per il suo profilo di dimensioni assai limitate, e quindi estremamente inferiore in solidità alla fondazione proposta pel molo di Genova, ha la lunghezza di 460 metri, ed è formato a pietra persa nella fondazione e nella parte emergente. Fu intrapreso nel nostro litorale di ponente, e compiuto

(1) Annales des ponts et chaussées, 1840.

in questi ultimi anni, senza che avesse ad incontrare avarìe rilevanti nè durante la sua costruzione, nè dopo il suo compimento, abbenchè la massa della scogliera fosse fatta con pietre scapoli, e massi non eccedenti i due metri cubi ciascuno, e la scarpa esterna fosse investita con iscogli, dei quali pochissimi superiori al volume di tre metri cubi.

120. Il molo di Diano-Marina, intrapreso nel 1851, a levante del capo Berta, fu protratto per metri 170 circa a diversi intervalli. Opera questa pure con debole profilo, composta ugualmente nella massa con pietre scapoli, e scogli non eccedenti un metro cubo ciascuno, colla scarpa esterna rivestita di massi non superiori a tre metri cubi ciascuno, fu portata a quella lunghezza senza veruna avarìa considerevole.

121. Finalmente il molo di Oneglia, intrapreso pure nel 1851 con massi in tutto come quello di Porto Maurizio, e con un profilo inferiore alla quarta parte di quello della fondazione del molo di Genova, fu proseguito per 180 metri circa, in parte in direzione normale, ed in parte parallelo al lido, in una spiaggia aperta, orientata quasi identicamente al nostro molo di Genova, e la sua costruzione procede regolarmente senza avarìe considerevoli.

122. Se veri fossero i principii sostenuti dal colonnello Saùli in fatto di fondazioni a scogliera, queste opere di Porto Maurizio, Diano-Marina, ed Oneglia, tutte di debole profilo, composte per eco-

nomia con massi di piccolo volume, e quella di Oneglia specialmente (forse la più esposta, ed in corso di costruzione), colte in gennaio 1855 da una tempesta delle più violenti che infestino il nostro litorale, avrebbero dovuto essere interamente distrutte e disperse, ma invece il molo di Porto Maurizio, alquanto meno esposto degli altri, nulla ebbe a soffrire; a Diano accaddero sì lievi danni, che non meritano di essere ricordati; e ad Oneglia tutto si ridusse a questo, che per 23 metri circa di lunghezza in testa, la parte emergente e la parte inferiore al livello delle acque per poca profondità, dove i massi, non ancora scossi dall'urto delle onde, non aveano presa la posizione di massima stabilità, furono sconvolte, e le pietre che le componevano vennero stese lungo le scarpe, alle quali diedero maggiore stabilità. Tutti i danni quindi si limitarono a dover ricaricare, e rialzare la parte centrale di questo tratto di 23 metri in modo da raggiungere la primitiva altezza di livello, ciò che si ottenne con spese di minima considerazione. Ma quale invece sarebbe stata la sorte dell'opera, e quali i danni se fosse stata costrutta con sistema a cassoni con o senza fondo, e fossero stati colti questi dalla medesima tempesta in corso di arrenamento?

123. Il porto della Joliette intrapreso nel 1844 è formato da moli fondati tutti sovra scogliera a pietra persa, de'quali quello del largo, denominato la grande gettata, ha 1080 metri di lunghezza, ed una pro–

fondità media di metri 11. 58, è composto coll'intera massa di pietre di cava, e colla scarpa rivolta al largo, rivestita e difesa con massi artefatti di 10 metri ciascuno, che vi furono collocati in difetto di massi naturali di uguale volume, sopra una pendenza con uno ed un terzo di base per uno di altezza.

La particolare ed accurata disposizione de'massi in questi lavori, se dan saggio della capacità dell'abilissimo ingegnere Pascal, che immaginò e diresse l'opera, attesta altresì il progresso fatto dall'arte in questo genere di costruzioni dall'epoca dello intraprendimento della diga di Cherbourg ai giorni nostri.

Con tali disposizioni l'esito della grande gettata, e di tutte le altre parti che costituiscono il porto, fu ottimo, e col medesimo sistema si stanno ora praticando dallo stesso ingegnere altri importantissimi moli per la formazione di un secondo nuovo porto a lato del precedente.

124. Faremo cenno da ultimo della diga di Malamocco, questa pure opera recentissima creata sulle coste della nostra penisola, non ultima delle glorie dell'arte in Italia, fu iniziata nel 1839 [1] dall'in allora ispettor per le acque ingegner Paleocapa dopo molte contrarietà elevate contro al sistema di fondazione a pietra perduta, ch'era stato proposto sulle

(1) Paleocapa - Considerazioni sul protendimento delle spiaggie e sull'insabbiamento dei porti dell'Adriatico, Torino, 1856, p. 37.

tracce dell'antico progetto di Prony; attivata negli anni successivi, fu spinta dalla costa al largo per la lunghezza di metri 2200, ed in profondità fino a 12 e 13 metri. La sua direzione essendo normale alla costa, riesce pure normale alle fortissime traversìe, che infestano quel litorale, ed a malgrado che le più grandi pietre impiegate nella costruzione non eccedessero il volume di 1.$^{m.}$ 50 ciascuna, l'opera fu portata a compimento colla più felice riuscita.

Il colonnello Sauli, il quale molto si è dilungato intorno all'opera di Cherbourg per cavarne argomento contro il nostro molo, sebbene fosse intrapresa nell' Oceano da più che 70 anni, ed in condizioni affatto diverse dalle nostre, stabilendo la particolare deduzione, che [1]: *la storia di questa scogliera è quella pure di tutte le scogliere, sia qualunque il luogo ove furono stabilite*, non ha creduto di fare appena cenno dell'esistenza di questa importantissima di Malamocco costrutta nei nostri mari sulle coste medesime d'Italia, e recentissima, la cui storia, in perfetta opposizione con quella della diga di Cherbourg, è la più luminosa confutazione dell'accennata deduzione. Conosciamo troppo e privatamente le sue rette intenzioni nel trattare la quistione, perchè ci nasca il dubbio, che sia stata ommessa ad arte per evitare un argomento, che era in piena contraddizione con quella sua asserzione, che

(1) Sauli, pag. 13.

troppo potentemente appoggia il caso nostro, ed a cui non si saprebbe quali obbiezioni contropporre. Ma per questa ragione appunto noi la citiamo.

125. Le opere da ultimo accennate, quelle sul nostro litorale per la loro ubicazione, e quelle della Joliette, e di Malamocco, della più grande importanza, a tutti note, di recentissima costruzione, compiute senza una sola avarìa considerevole, col più felice risultato, ne' nostri mari, sono al caso nostro concludenti per modo, da rendere superflua ogni ulteriore ricerca a questo riguardo.

126. Conchiuderemo quindi questo capo colle seguenti deduzioni:

Fra le cento opere permanenti costrutte in mare con fondazione a scogliera, che la storia dell'arte ci descrive, non se ne rincontra pur una che abbia avuto un esito sinistro, ed abbia dovuto essere abbandonata per quanto tempestoso sia il mare in cui furono costrutte.

L'opera di Cherbourg è la sola che dovette subire avarìe considerevoli nella fondazione, le quali sono dovute non già a difetto del sistema a scogliera con cui era formata, ma bensì a molte circostanze straordinarie, fra le quali è prima la estrema piccolezza delle pietre usate nella sua formazione, e quindi l' incertezza e la varietà dei procedimenti seguiti nella costruzione, le particolarità dei luoghi dove fu costrutta, estremamente esposti alle più fiere tempeste dell' Oceano, le interruzioni cui la costruzione andò soggetta per cause politiche.

Tutte le altre opere costrutte ebbero un buon risultato, e quelle poi formate nell' Adriatico, nel Mediterraneo, e sul nostro litorale stesso lo ebbero ottimo senza veruna eccezione. Per cui un'opera simile formata sul litorale di Genova, giusta le migliori norme che l'arte prescrive, e con tutti i mezzi che si hanno i più adattati, non può ammettere il minimo dubbio sulla sicurezza dell'esito.

CAPO III

QUAL SIA IL SISTEMA DI FONDAZIONE PIU' CONVENIENTE PEL PROLUNGAMENTO DEL MOLO OCCIDENTALE DEL PORTO DI GENOVA.

127. Descritte le particolarità di ciascuno de' sistemi più comunemente usati per la fondazione de' moli, e sciolti i dubbi che si erano elevati sull'esito di quello a pietre perdute, altro non resta che esaminar la località dove è da farsi la nostra fondazione, e vedere quale di questi sia più conveniente applicarvi, avuto riguardo alla facilità di eseguimento, al tempo, ed alla economia.

128. Conosciamo le considerazioni che ci devono servir di guida nella scelta di un sistema di fondazione, § 4.

Partiremo dalla prima: l'azione del mare nel luogo dove vuol essere stabilita la fondazione; il colonnello Sauli ci dà una descrizione, che crediamo alquanto fantastica, dell'azione delle onde sul litorale della Liguria, delle devastazioni e rovine dei paesi situati sulle due riviere.

Questo stato di cose, se vero fosse, favorirebbe anzi il nostro argomento della convenienza di adottare il sistema di fondazione a scogliera, che è il solo che non tema di essere applicato in mar tempestoso, tuttavia, volendo apprezzare le circostanze al giusto valore, notiamo che, nati in una di quelle riviere, che abbiamo percorse le cento volte, non ebbimo mai lo sguardo attristato da rovina di alcun paese, che la furia delle tempeste avesse rovesciato, ed anzi fummo di solito rallegrati dalla vista di amene colture e ridenti giardini situati sulla sponda stessa del mare, e vedemmo interi abitati costrutti a pochi passi dal lido, ciò che lascierebbe credere gli effetti delle onde sul litorale non siano tanto terribili; tuttavia riconosciamo, che le traversie da libeccio a mezzogiorno agiscono con violenza, ma più di questo riconosciamo altresì, che nel fondo del golfo di Genova, oltre alle tempeste di traversia, che non tanto frequenti accadono, regna sovente un'agitazione più o meno sentita in molte altre direzioni, la quale, sebbene non pericolosa, tuttavia è di grave impedimento, e vuol essere tenuta a calcolo nell'eseguimento dell'opera del nostro molo.

Chi poi conosce le condizioni del porto di Genova saprà che, tranne in tempi d'estate in cui si può fare assegnamento sopra un seguito di giorni di calma di mare costante, nelle altre stagioni o regnano venti dal largo, ed il mare è agitato, o regnano venti da terra, ciò che accade d'ordinario

nell'inverno, e, se l'interno del porto è tranquillo, nella posizione del molo occidentale, dove vuol essere fatto il prolungamento, regna un'agitazione superficiale, ed un'azione del vento tanto moleste, da rendere impraticabile la manovra, e lo stabilimento di qualunqne cassone.

129. Dei tre sistemi di fondazione, che si possono applicare, abbiamo veduto che quello a scogliera è il solo, che possa praticarsi qualunque sia lo stato del mare, meno nei casi di tempesta; dunque il sistema a scogliera è il più conveniente al caso nostro sotto di questo rispetto.

130. Tale deduzione porta con sè, che la fondazione a scogliera è quella, che potrà farsi nel più breve periodo di tempo.

Nel progetto in eseguimento fu stabilito, che la fondazione per metri 150 dovrà essere compiuta nel periodo di tre anni. Niuno vorrà dubitare che non lo possa quando consideri, che illimitati sono i mezzi, che si possono adoperare per la scavazione, trasporto, e versamento di scogliera, ed anzi resterà per quest' istessa ragione convinto, che, con maggiori sacrificii di spese, il tempo potrebbe essere accorciato.

Se fosse invece adottato un sistema misto a cassoni con fondo e scogliera, come fu praticato nei due ultimi prolungamenti de' moli, l'esperienza avendo dimostrato con 15 anni di lavori eseguiti dopo il 1823, essere poco sperabile di collocare più che un solo cassone ogni anno, nelle calme d'estate, sup-

posto che si desse a questo la dimensione massima di 20 metri, e che nel corso dell'anno medesimo fosse fatto il corrispondente tratto in scogliera di uguale lunghezza, si otterrebbe eseguita una lunghezza di fondazione per metri 40, e così per l'intera fondazione occorrerebbero intorno a 4 anni.

Se un sistema a cassoni contigui senza fondo venisse invece prescelto, supposto che vi si potesse applicare, e che ogni cassone avesse la lunghezza di 10 metri, occorrendo allo stabilimento di due di questi un tempo prossimamente uguale allo stabilimento di un solo cassone con fondo delle dimensioni dianzi accennate, due soli se ne potrebbero stabilire nella estiva stagione, e vano sarebbe sperare di poter procedere allo stabilimento di queste fragili macchine nelle altre stagioni dell'anno, in cui il mare irrequieto ad ogni istante agita le sue onde. Con questo sistema adunque si otterrebbero soli 20 metri di fondazione in un anno, e per la totale fondazione occorrerebbero piucchè anni sette.

131. La seconda delle condizioni da esaminarsi è i materiali disponibili a prezzi moderati nella località.

Abbiam già osservato come i soli materiali disponibili a moderati, ed anzi a minimi prezzi, che si hanno nella località, sono appunto quelli occorrenti ad una fondazione a pietre perdute.

Chi conosce le belle cave di pietra esistenti nel perimetro stesso del porto di proprietà del Governo, la eccellente loro stratificazione, e disposizione, e la

facilità grandissima di estrar massi d'ogni grandezza, e di trasportarli al luogo della fondazione e per mare e per terra, resterà stupito come, nel caso presente, sorga soltanto il dubbio che si debbano adottare altri dispendiosi sistemi, mentre in altri porti si fonda a scogliera anche quando è necessario procurarsi i massi dalla distanza di centinaia di chilometri.

132. Ma contro di queste favorevoli condizioni sorgono alcune obbiezioni essenzialissime presentate dal colonnello Sauli; sono queste:

Che le pietre del nostro porto non sono affatto resistenti per valersene in fondazioni a pietre perdute.

A prova di questo asserto allegansi alcune circostanze di fatto, che andiamo tosto ad esaminare:

1.° *La pietra delle cave del porto presenta tanto poca resistenza*, si dice, *che ne fu sempre proscritto l'uso dalle fabbricazioni de' moli, e sponde murate esposte all'impeto del mare;*

2.° *I lavori eseguiti con questo materiale all'imboccatura della darsena, ed al molo di separazione delle due darsene, dopo alcuni anni d'esistenza dovettero interamente rifarsi;*

3.° *I conci di paramento con cui vennero formati i nostri moli non reggono al confronto dei laterizi con cui è rappezzata una parte dei moli medesimi.*

133. Per provare che la pietra di cui ora si intende valersi nella fondazione del nostro molo, se

non è ottima, è tuttavia di resistenza piucchè sufficiente allo scopo, potremmo fare in complesso una sola risposta a tutte le obbiezioni.

La scogliera dell' intero molo occidentale del porto è fatta con pietra di natura identica a quella, che serve adesso per gli usi del porto, e la pietra che dovrà servire alla nostra fondazione si estrae da quella cava medesima, da cui per lo spazio di più che 30 anni le precedenti amministrazioni dei lavori marittimi estrassero le pietre per tutte le nostre scogliere, nè a noi consta, che mai queste pietre fossero riconosciute inservibili, nè che si proponesse all' amministrazione superiore di abbandonar quelle cave, e farne ricerca d' altre migliori, ovvero, in difetto, si progettassero altri mezzi per riparare le opere del porto senza scogliere naturali.

Se le pietre adunque servirono per lo addietro, non vediamo come di un tratto possano ora essere supposte, e da chi sempre se ne servì, affatto prive di resistenza ed inservibili.

Questi argomenti di fatto ci sembrano d' un tale valore, che dovrebbero bastare da soli a togliere agli opponenti ogni dubbio sulla resistenza delle pietre del porto, e sulla opportunità dell'usarle, tuttavia non ommetteremo di esaminare le obbiezioni.

134. Fra le cave che somministrano pietre alle costruzioni, che si praticano in Genova, alcune ve ne sono, le quali forniscono materiale alquanto più perfetto, che non le cave del porto per la formazione

di conci, e per tale ragione era pur naturale, che nei lavori marittimi di murazione si prescrivesse l'uso di pietre estratte da queste cave, e ne restassero escluse quelle delle cave del porto.

Ciò prova che si hanno pietre migliori, ma non prova che quelle estratte dalle cave del porto sieno tali da non potersi usare, e nemmeno in scogliera.

Noteremo anzi, che le pietre di queste cave furono usate sovente nella massa delle murazioni interne in lavori importantissimi, come ad esempio nel prolungamento del molo orientale, e molte volte si incontrano anche stratificazioni di maggior perfezione, il cui materiale fu adoperato per conci e nei lavori dello stesso molo, ed in muri di sponda.

Ma ammesso pure che le pietre di cui si tratta non fossero adatte per conci, non ne verrebbe per conseguenza che non potessero servire con vantaggio per iscogliera.

Una gran parte delle pietre che dovranno servire per le scogliere de' porti di Suez e Saïd, citate al §. 58, saranno estratte dalle cave dell' Attaka sulle sponde del Mar Rosso, nè la commissione internazionale pensò di escludere l'uso di quelle pietre, abbenchè non fossero atte a somministrare materiale per conci, ma prescrisse che i conci necessari sarebbero estratti da altre cave più lontane sulla sponda arabica, quelle di M' Salem.

135. Che i lavori eseguiti alla imboccatura della darsena fruttassero male, e si dovessero demolire per esservi stati impiegati conci di quelle cave, crediamo quest' asserzione una meno esatta reminiscenza.

Ricordiamo positivamente, e ci risulta da informazioni conformi di altri nostri colleghi, antichi funzionari ai lavori marittimi, che questa opera dovette rifarsi per due ragioni diverse da quella allegata.

Dapprima, essendosi dovuto maggiormente approfondire l' entrata della darsena con iscavazioni, la sponda di cui si tratta, che era fondata sopra scogliera, scalzata dalle scavazioni medesime, e dalle correnti, che violente regnano in quella stretta imboccatura, mostrò evidenti segni di prossima rovina, e quindi venne la necessità di ricostrurla.

Questa necessità fu convalidata quindi dalla occorrenza di dover ristringere quell' opera, per dare alla bocca della darsena una maggiore ampiezza, e rendere più facile il passaggio dei grandi vapori a ruote, che lo Stato avea di recente acquistati.

136. Relativamente poi al moletto di separazione delle due darsene, avendo personalmente verificato lo stato delle cose, e preso dagli ingegneri che diressero la ricostruzione della sua testata le necessarie informazioni, possiamo accertare, che questa fu ricostrutta perchè, scalzata pure dalle correnti, minacciava rovina, che la pietra da cui era

composta, e che stava al dissotto del livello delle acque, trovavasi conservata in modo perfetto, e tale, che gli stessi conci furono usati nella ricostruzione.

Dobbiam poi dire ad onore del vero, che non erano pure delle cave del porto, ma di altra cava da cui, come notammo, ordinariamente si estraggono i conci per siffatte murazioni.

137. Per quanto riguarda la resistenza, comparata con quella dei laterizi, osserveremo, che le rappezzature al paramento del molo, che si vorrebbero meglio conservate, che non sono i conci, furono evidentemente praticate quando i paramenti presentavano delle corrosioni da rappezzarsi, ossia quando i conci, che formavano tali paramenti, erano già consunti dallo scorrere del tempo, e quindi le due opere, e conci e laterizi, datano da epoche diverse, ed il paragone della durata non regge.

Quando però si volesse ammettere, la resistenza alla corrosione, di cui quì si tratta, è resistenza ad una azione chimica prodotta dall'alternato effetto dell'acqua salina e del sole sulle superficie dei paramenti delle opere, mentre la resistenza delle pietre, che noi cerchiamo nelle nostre scogliere, è resistenza ad una azione meccanica. La resistenza chimica potrebbe essere maggiore nei laterizi, la meccanica nelle pietre è per lo meno doppia di quella de' laterizi, come comprovano le esperienze dirette.

138. Sappiamo altresì dall'esperienza, che la pietra di cui si tratta, quando è costantemente immersa

nel mare, acquista maggior resistenza che non avea in origine, e se i laterizi valgono pure alla formazione di opere monumentali, a più forte ragione potrà usarsi quella pietra, che ha una resistenza, come si disse, almeno doppia.

139. Ritenuto adunque non esservi ragione di non valersi, come per lo addietro, delle pietre delle cave attuali, facilmente se ne deduce che più economico d'ogni altro risulta pure il sistema di fondazione a scogliera.

140. Dai capitolati del progetto in eseguimento si ha, che la fondazione con questo sistema dovrà importare la somma di L. 7650 per ogni metro lineare, ritenendo la forma del profilo adottato quale si vede nella Tav. A, fig. I, somma che viene anche considerevolmente ridotta, se tengasi conto del vistoso ribasso d'appalto ottenuto (15. 75 p. 0|0).

141. Ommettendo il paragone del sistema a cassoni con fondo contigui, perchè, come abbiam già detto, estremamente dispendioso, accenneremo soltanto di quello misto, a cassoni cioè e scogliera, come fu praticato negli ultimi prolungamenti dei due moli dello stesso porto.

La spesa di questa fondazione, applicata al caso, dedotta dai lavori ora ricordati, sarebbe intorno a L. 16,000 al metro lineare.

142. Una fondazione a massi artefatti, come fu praticata da Poirel ad Algeri, e colla sezione che il colonnello Sauli stabilisce per confronto, la quale

tuttavia riconosciamo insufficiente a proteggere efficacemente la sovrastruttura, non avendo una banca esterna, contro della quale rompano le onde prima di raggiungere le murazioni, darebbe i risultati seguenti:

Area della sezione m. q. 560 solido effettivo occupato da una sezione di un metro lineare $\frac{560 \times 2}{3}$ = m. c. 373. 33, i quali, al prezzo che Poirel dice doversi assegnare a questo genere di costruzione in L. 30 al metro cubo, importano la somma di L. 11,199.00.

143. Adottando il sistema di fondazione a cassoni contigui senza fondo praticato da Poirel ad Algeri, quando fosse possibile di applicarlo, ed attenendoci ai risultati dallo stesso ingegnere consegnati nella sua memoria, si avrebbe:

Area di una sezione m. q. 266, e quindi volume per un metro lineare m. c. 266, che al prezzo di L. 47 ammontano a L. 12,502; a questa spesa dovrebbesi aggiungere quella della scogliera di protezione, quale praticarono Poirel, Calamatta, e come prescrive Sganzin, ma la ommettiamo, bastandoci di già il risultato ottenuto a provare, che non vi ha convenienza nel preferire questo sistema.

144. Paragonando i risultati ora descritti chiaramente risulta, che, nel caso nostro, la fondazione a pietre perdute esige una spesa di prima costruzione assai minore di ogni altro sistema.

145. Restano a considerarsi le spese di successiva manutenzione.

Il precetto di Sganzin, che la fondazione a cassoni possa essere difesa soltanto con iscogliere temporanee sino a tanto che la muratura interna non sia completamente consolidata, non è applicabile al sistema a cassoni con fondo misti a scogliera, il quale ha bisogno della difesa di una scogliera permanente, e per questo sistema le spese di manutenzione saranno prossimamente uguali come nel sistema a semplice scogliera.

Nel caso di un sistema a cassoni senza fondo contigui, supposto che basti una scogliera temporanea di protezione, il che non è ancora provato, non dovrà farsi alcuna ulteriore spesa per la manutenzione delle scogliere, resterà quindi a considerarsi la manutenzione dell'opera murale, di cui l'esperienza non ha ancora fatto conoscere l'entità.

146. Conosciamo che la spesa di manutenzione della scogliera corrispondente ad un metro lineare di molo fu per lo addietro inferiore a lire 45 all'anno.

Non dubitiamo che la nuova scogliera costrutta espressamente per fondazione, e quindi con quelle maggiori cure che non furono usate nelle nostre scogliere di protezione, e dove, potendo impiegarsi gli scogli di minor volume nella massa interna, si useranno esclusivamente per la scarpa esterna quelli veramente voluminosi e colossali, dovrà esigere assai minori spese di manutenzione, tuttavia volendo attenerci a dati già accertati, ed anche alla ipotesi più sfavorevole, riterremo che parimenti a

questa possa occorrere una spesa di L. 45 al metro lineare per annua manutenzione.

Capitalizzando questa somma in L. 900, e riunendola al valore iniziale dell'opera L. 7650+900 = L. 8550, avremo che il valore iniziale della fondazione, manutenzione compresa, ammonta a L. 8550.

Questa somma risulta inferiore d'assai al solo valore iniziale della fondazione a cassoni contigui senza fondo, ed a massi artefatti perduti, quando pure a questi *mai* non occorresse spesa di manutenzione, supposizione che è un assurdo.

147. Il sistema con fondazione a scogliera è adunque il più conveniente, anche avuto riguardo alle spese della successiva manutenzione.

148. Chiuderemo quindi il parallelo di questi sistemi dicendo, che il sistema di fondazione a scogliera, il quale abbiamo dimostrato di certa riuscita nella sua costruzione, è altresì quello che può essere praticato in minor tempo e con minore spesa.

149. Un'ultima ragione, secondaria se vuolsi, ma pur non indifferente, reclama la preferenza per la fondazione a scogliera, ed è quella che in tal modo si fa *circolare il danaro presso di noi, non lo si manda allo straniero*, e si spende in massima parte per mercedi di operai, mentre con altri generi di fondazione, e segnatamente con quello a cementazione entro cassoni in legno e ferro, si manderebbe invece presso che interamente all'estero per acquisto dei materiali occorrenti.

Una circostanza simile era perfettamente apprezzata dal colonnello Sauli nel 1852 nella sua memoria sulla formazione di un dock nel porto di Genova, dove, rigettando il sistema di magazzini a colonne in ferro, proponeva invece di farli a pilastri in pietra, appunto perchè in tal modo si fa circolare il denaro presso di noi, e non si manda allo straniero (1), *perchè*, diceva egli, *cercheremo fra gli stranieri e a caro prezzo ciò che abbiamo fra noi a mercato buonissimo? Perchè sperperemo il denaro nostro in altre contrade, mentre gli altri sono gelosissimi di conservare il loro nel loro proprio paese???* (2).

Se questa circostanza avea qualche valore in quell' epoca, sembra anche di maggiore importanza nelle presenti contingenze difficilissime per la classe operaia. I tempi mutano, ma le verità sono eterne.

150. Ci resta adesso ad esaminare se il profilo adottato soddisfa alle esigenze della navigazione e della difesa militare, e se ha resistenza sufficiente.

La forma di questo profilo è quella segnata nella tavola A, fig. 1.

La scogliera della fondazione ha 45 metri al livello del mare; la scarpa del lato esterno è regolata con una base doppia dell' altezza, e quella

(1) Sauli - Dichiarazione di una riserva fatta da'nuovi membri della commissione pel progetto del dock di Genova, 1852, pag. 19.
(2) Sauli, idem, pag. 20.

interna invece ha una base uguale ad una volta e mezza l'altezza.

Il piano superiore però di questa scogliera, dalla sponda interna, e per la larghezza di 25 metri circa, è lasciato depresso sotto al livello del mare da $3^{m.}$ 50 a 2. 50 per far poscia luogo allo imbasamento della sovrastruttura del molo e dell'interna calata.

La larghezza di 45 metri al livello delle acque risulta da quella fissa del molo che deve esservi sovraimposto, il quale ha da servire di piattaforma per una batteria, da due calate o sponde di circolazione, una interna per i servizi nella navigazione, l' altra esterna per trasporto delle scogliere di manutenzione, e da una banca esterna, la quale si è creduto prudente di stabilire per guarantir meglio l'opera murale del molo, e premunirsi contro ogni eventualità, anche straordinaria, di cedimenti nella scarpa della scogliera.

Il nucleo della fondazione deve essere formato con disporre la scogliera secondo le migliori norme prescritte dagli autori, riserbando le pietre più voluminose per la zona della scarpa esterna, la quale deve poi essere rivestita con massi che, partendo da 10 metri cubi, si elevano fino all'enorme volume di 35 metri ciascuno.

151. Ponendo mente ai risultati ottenuti ad Algeri nelle scogliere a massi artefatti di 10 metri di volume, i quali, sebbene del peso di soli 22,000 chilogrammi ciascuno, si costituivano con una scarpa

uguale all'altezza, e prendendo altresì esempio dalle nuove opere del porto della Joliette costituite con una scarpa uguale ad 1 1/3 l'altezza, la scarpa esterna della nostr'opera, dove i minimi massi devono essere di 26 mila chilogrammi, ed elevarsi sino ad 80 mila ed oltre ciascuno, avrebbe potuto proporsi colla stessa inclinazione, al massimo di 1 1/3 per 1, ritenendo, che lo svantaggio della minor regolarità de' massi sarebbe compensato ad usura dalla immensa differenza del peso, e dalla maggior resistenza dei massi medesimi; tuttavia si adottò per maggiore cautela, e per sovrabbondante solidità, una scarpa doppia dell'altezza.

La scarpa interna avendo una base uguale ad una volta e mezza l'altezza, e la sponda interna essendo fondata alla profondità di metri 3. 50, si ottiene possibile l'approdo delle navi di grande portata, e resta in tal modo soddisfatto ai bisogni della navigazione, ciò che attualmente non succede in verun altro punto di tutto quel molo.

Relativamente alla difesa militare, al molo è assegnata l'altezza di livello, e la larghezza dell'ultimo prolungamento, quali furono ravvisate necessarie e prima, ed ora, per lo stabilimento delle batterie.

La base in scogliera poi appunto sappiamo da Sganzin che è indistruttibile all'azione delle mine.

152. In quanto poi alla resistenza del profilo, per quanto riguarda la fondazione, gli ingegneri

del progetto si sono fatti da sè stessi l'unica obbiezione, che ragionevolmente credevano potersi fare contro di questo profilo, quella di aver adottato una dimensione eccessiva (1); di fatti la sua larghezza in sommità supera quella di ogni scogliera sin quì costrutta, anche nei mari dell'Oceano; ma di quest'obbiezione abbiam fatta ragione in massima parte colle precedenti osservazioni, e d'altro lato considerarono, che una robustezza anche soverchia non andava perduta, essa contribuiva ad una più stabile durata dell'opera, e rendeva meno necessarie le successive alimentazioni della scogliera.

Forse concorsero pure a consigliare le adottate dimensioni altre considerazioni secondarie, ma pur di qualche peso per chi sta al governo di interessi pubblici, la necessità cioè di premunirsi contro il solo dubbio di una men certa riuscita nell'applicazione dell'adottato sistema, il quale, sebbene appieno già seguìto in Genova anticamente, seguìto altrove generalmente, non lo fu che misto a cassoni negli ultimi lavori del nostro porto principale, ed ivi pertanto si trattava di allontanarsi da viete abitudini, esporsi a controversie, rendere i lavori, che si tratta eseguire, oggetto di severe critiche, di vigile censura.

153. Siccome il sistema, così il colonnello Sauli

(1) Vedi Appendice.

trova censurabili, e non accettabili i profili adottati: confidiamo però, che le censure contro i profili non abbiano maggior fondamento di quelle contro il sistema.

Mentre la scogliera della Joliette, la quale è pur composta nell'intiera massa di semplici sassi, e rivestita nella sola scarpa esterna con massi artefatti in bitume di resistenza minore, che non le nostre pietre, riesce solidissima, egli crede che la nostra scogliera, la quale è nell'interna massa di vivo sasso come quella della Joliette, e rivestita nella scarpa con massi naturali, e più resistenti, e molto più voluminosi e pesanti, ed adagiati sopra una scarpa quasi doppiamente estesa, non potrà nemmeno resistere al confronto di quella, ed anzi al primo agitarsi del *mare la sua gran banca esterna verrà indubitatamente distrutta.*

Di questa decisa asserzione contraria ai fatti ora addotti, ed ai principii richiamati nel primo capo di questo scritto, i quali vogliono che una scogliera di massi superiori ai 10 metri cubi ciascuno risulti in breve tempo con assoluta immobilità, il colonnello Sauli adduce a conferma una teoria nuova, cioè che la banca dovrà essere distrutta: *perchè l'esperienza insegna, che l'onda modifica sempre le scarpe a rettifilo, qualunque esser voglia la loro inclinazione, e le riduce ad una forma mistilinea, che rappresenta una cicloide, il di cui cerchio generatore ha 4 metri di diametro.*

154. A tale riguardo ci crediamo autorizzati a ritenere che, nè l'esperienza conferma la teoria ora ricordata, nè i precetti teorici la insegnano, ed a quest'opinione ci autorizzano la storia delle opere eseguite, le teorie degli autori, ed i fatti locali.

Nelle opere eseguite si è sempre riconosciuto che il profilo definitivo di stabilità, secondo il quale si costituirono le scarpe sotto l'azione del mare, segue un andamento conforme ad un aggregato di linee rette, per quanto lo permette la discontinuità della materia di cui la fondazione è formata, linee, che seguono una diversa pendenza a seconda della profondità a cui si trovano, e del volume dei massi dai quali le zone sono composte.

Oltre ad essere questi i dati dell'esperienza, confermati da 19 profili di scogliere esistenti, riferiti nell'opera di Sganzin, da 13 altri in quella di Minard, tutti conformati secondo una sola retta od un aggregato di rette, trovansi altresì conformi ai precetti degli autori, i quali sono dedotti appunto dall'osservazione delle opere eseguite, ed in ciò son tutti concordi.

Ma senza vagare in generalità, crediamo poter dimostrare l'errore di questa teoria col ricorrere all'opera stessa dalla quale si credette poterla dedurre.

In occasione della tempesta avvenuta nel 1807 (1)

(1) Relazione storica di Lamblardie. - V. Sganzin, v. II, p. 433.

la quale sconvolse una parte della diga di Cherbourg superiormente al livello delle acque di bassa marea, si riconobbe che alcuni tratti composti con massi disposti secondo una curva perfettamente regolare non erano stati danneggiati, si rilevò la forma della curva, e si trovò che era un arco di cicloide, di cui il circolo generatore avea 4 metri di diametro.

Da questo fatto accidentale e momentaneo, rilevato nel 1807, il colonnello Sauli deduce per teoria generale, che le pietre, nelle scogliere sottoposte all'azione del mare, si dispongono coll'accennata scarpa in forma cicloidale.

Ma dal seguito della relazione stessa di Lamblardie intorno a quell'opera rileviamo, che, ricostruendo la parte di scogliera distrutta nel 1807, si procurò di seguire la forma cicloidale, che il mare stesso avea indicato, sperando che in questo modo si renderebbe l'opera inalterabile; *ma questa speranza fu tosto delusa.*

Una nuova tempesta alterò nuovamente la forma del profilo, ed altre successive portarono nuove mutazioni, sino a tanto che il profilo di equilibrio si stabilì con un aggregato di linee rette, come dianzi fu detto. Questo rilevasi chiaramente da Cachin, e questa forma rettilinea è maggiormente pronunciata nelle parti della scogliera costantemente immerse.

E Minard ci fa anche più esplicitamente [1] co-

(1) Pag. 85.

noscere, che il profilo definitivo della diga di Cherbourg, composta, come abbiam detto, nella sua massa principale di piccoli sassi, diede per risultato generale un aggregato di due linee rette, quella costituita nella zona non soggetta all'azione delle onde con 8 di base sopra 4. 60 di altezza, l'altra con una base da 6 ad 11 volte l'altezza. — Dopo di aver addotto le autorità riferite, ne addurremo una più concludente, ed è quella dello stesso colonnello Sauli, il quale riconosce pure questi risultati a pag. 27, ove è detto, come fatto d'esperienza, che i profili delle scogliere si stabiliscono in forma rettilinea, nè intendiamo, come più lunge a pag. 60, la rettilinea debba mutarsi in forma cicloidale contro i profili adottati dagli ingegneri del Governo.

La forma cicloidale adunque osservata da Fouques-Duparc e Lamblardie nel 1808 non era la forma del profilo finale di equilibrio, ma una forma transitoria, che fu prontamente variata, ed anzi che servire di teoria nella formazione delle scogliere, non è accennata da qualche autore se non che come un fatto storico.

Lo stesso Cachin non ne fa pur cenno nella sua memoria, e nel proporre i lavori d'ultimazione della diga, di cui i profili si trovano nell'opera di Sganzin, altro non indicò, che profili composti di un aggregato di rette, e punto non parlò di forme cicloidali.

155. Questi sono i fatti dedotti dall' esperienza,

ed i precetti degli autori; questi fatti sono anche più decisi nel Mediterraneo, dove le scogliere, trovandosi costantemente immerse, e soggette a minor numero di azioni perturbatrici, si costituiscono col profilo in forma rettilinea anche più regolare.

Abbiamo sott'occhio i profili di tutte le scogliere de' moli de' nostri porti, e troviamo pienamente confermata questa verità; i profili son tutti costituiti con aggregato di linee, che hanno un andamento retto, nè ve ne ha uno che affetti qualche forma curva, che da lontano possa accennare ad una cicloide.

Questo risultato è conforme d'altronde alle leggi della natura, che è sempre la più grande maestra delle cose, la quale c'insegna, che le spiagge del mare, nella parte costantemente immersa, sempre si dispongono in linea retta [1] con una inclinazione più o meno pronunziata, a misura che più o meno sottile è la materia di cui sono composte.

156. Possiamo adunque restare tranquilli [2] che il profilo della nostra scogliera, non dovendo punto per natura ridursi in forma di arco di cicloide, la sua banca non verrà per questa ragione alterata, ma resterà con tutta probabilità disposta con direzione di una o più rette, e ciò per causa delle

(1) Sganzin, vol. II, pag. 291, ricavato da Lamblardie, Potel e Mary.

(2) Vedi Appendice.

dimensioni voluminose de' massi, e della lunga scarpa che vi è d'origine assegnata.

157. Segue, da quanto abbiam detto, che il profilo adottato risulterà assai più, e ad evidenza, resistente di quello, che il colonnello Sauli vorrebbe vi si sostituisse, imitato dalle opere del porto della Joliette, rivestito di massi artefatti, formati a caro prezzo, rigettando i naturali, ed applicato al caso nostro, abbenchè si pretenda che il mar di Genova è d'assai più tempestoso che quello di Marsiglia. (1)

Sarà, diciamo, più resistente, poichè il nuovo proposto non ha la banca esterna che ne aumenti la massa, e difenda dalla violenza delle onde le opere della sovrastruttura, ed anzi la scarpa di massi artefatti ha dimensioni minori che non nel profilo della Joliette, e questi massi hanno il peso di soli chilog. 24,400 ciascuno, mentre nel nostro profilo i più piccoli che rivestono la scarpa pesano chilog. 26,000, ed i più grandi arrivano fino a chilog. 80,000 e più.

158. Sarà anche più economico: di fatti, dai calcoli che ci sono presentati, relativi al nuovo profilo, abbiamo, che ad ogni metro lineare occorrerebbe una spesa per iscogliera naturale di L. 3760. 50; tenuto conto della maggiore profondità che noi abbiamo di metri 14. 50 a fronte di 11. 58, se alla Joliette occorrevano 10 massi artefatti di 10 metri cubi per

(1) Sauli, pag. 29.

ogni metro corrente, fatta ragione della superficie della sezione, al caso nostro occorrerebbero 16 massi, ai quali dovendosi dare 12 metri per ciascuno, come vien proposto, avremmo metri cubi 192; questi valutati non al prezzo di L. 20 come alla Joliette, dove si facevano in comodissimi cantieri a lato delle opere, e con malte idrauliche del paese senza pozzolane, ma al prezzo di L. 30, come dovremmo pagarli noi, che non abbiamo quei vantaggi, importerebbero la cospicua somma di L. 5760.

Un metro lineare risulterebbe adunque del valore seguente:

1.° Scogliera naturale	L.	3,760 50
2.° Massi artefatti . .	»	5,760 »
Totale . . .	L.	9,520 50

mentre il nostro profilo colla banca esterna, e più resistente, non ha che il valore di L. 7650 per ogni metro.

159. Crediamo non restino altre obbiezioni da sciogliere per poter venire senza esitanza alla conclusione, che il prolungamento del nostro molo nel modo come è proposto, e pel sistema di fondazione seguito, e pei profili adottati, è il più conveniente, avuto riguardo ai tre elementi, tempo, spesa e solidità nel loro complesso.

160. Ci darà forse alcuno taccia di ottimisti credendo che noi, in grazia delle deduzioni ognor favorevoli al nostro assunto, stiamo nella persuasione, che l'opera nostra si debba condurre a compimento senza il minimo inconveniente, il minimo danno?

Abituati, nella direzione dei nostri lavori marittimi, a lottare con un terribile elemento, pronto sempre alle offese, e repentine, siam lungi dal riconoscere infallibilità d'esito, senza avarìe, in verun sistema.

Abbiamo visto altresì i più esperti ingegneri sempre stare peritosi nello affidarvi le loro opere le meglio immaginate, che non sempre riescono a condurre a compimento senza avarìe anche gravi.

Conosciamo i danni rilevanti toccati nel prolungamento del molo orientale diretto dall'espertissimo ingegnere Gio. Batt. Chiodo, dove fra quattro grandi cassoni collocati uno fu in massima parte perduto.

Ci son noti quelli incontrati alla parte del prolungamento del molo occidentale eseguita sotto la direzione immediata dell'esimio colonnello Sauli, dove terminato un lungo tratto della sovrastruttura del molo, e colto pochi mesi dopo da una tempesta, fu in massima parte rovesciato nell'interno del porto, dove il materiale forma tuttora una secca considerevole a lato del molo.

Noi non nutriamo ottimistica fiducia, che gli attuali lavori abbiano a sortire un esito affatto privo da ogni avarìa.

Ci basta aver dimostrato, che il sistema prescelto è quello, che ragionevolmente dovrà incontrarne di minore importanza, che i profili adottati presentano la dovuta resistenza, che i precetti teorici e l'esperienza confermano la più rassicurante probabilità di buon esito. Ottenerlo più o meno completo, come in ogni altra opera esposta agli insulti del mare, così in questa è dono della sorte.

Il tempo giustificherà le disposizioni adottate, qualunque però sieno le eventualità, od avarie che potessero incontrare alla nostra opera in corso di eseguimento, gli ingegneri del Governo saranno sempre tranquilli colla coscienza di aver operato a seconda dei più sani precetti dell'arte, e colla certezza che, qualunque altro fosse stato il sistema di fondazione seguito, esposto in corso d'eseguimento alle medesime eventualità del mare, avrebbe incontrato infallibilmente danni di molto maggiore rilievo.

CAPO IV

ESAME DI UN METODO PARTICOLARE DI FONDAZIONE CHE VENNE PROPOSTO IN VECE DI QUELLO A SCOGLIERA.

161. Dopo quanto abbiamo detto fin' ora noi crediamo il nostro compito finito colla conclusione del precedente capo dedotta dall'esame di tutti i metodi di fondazione più comunemente praticati pei moli situati in posizioni esposte, e, confidiamo, con noi lo crederanno pure gli uomini d'arte scevri da ogni preoccupazione; tuttavia egli è indispensabile entrare in qualche esame diretto del metodo particolare di fondazione che vien proposto dal colonnello Sauli, in sostituzione di quello a scogliera che è riprovato, e che forma appunto il contrapposto della quistione.

162. Questo metodo, il quale vien presentato come *economico, facile, tale da dare colla maggiore speditezza una fondazione sicura ed inalterabile, cose tutte credute dal proponente colla maggiore fiducia, poichè dedotte*, dicesi, *dall'esperienza*, consiste nello applicare

alla nostra fondazione il sistema a cassoni senza fondo, contigui, e ripieni di cementazione e pietrame.

163. In seguito a quello, che già avemmo ad esporre nel capo I intorno agli inconvenienti, ed ai pericoli in generale delle fondazioni a cassoni, ed in particolare a cassoni senza fondo, perchè più fragili, come risultato dei precetti consegnatici dagli autori, e segnatamente considerato quanto abbiamo ricavato dall'opera di Poirel, non possiamo a meno che restar attoniti della presente proposta nei termini in cui ci vien presentata.

Nello esaminarne le particolarità, non potremo che richiamare a tempo opportuno alcuni punti di quanto abbiamo già esposto.

164. Già si è detto, che il sistema di fondazione a cassoni senza fondo fu usato per riparazioni di moli, od in opere secondarie di nuovi prolungamenti, dove s'impiegarono piccoli cassoni della capacità massima di 200 metri cubi, nè mai venne applicato in grande scala per fondazione di nuovi moli, con enormi cassoni, come al caso nostro si richiederebbe.

La proposta quindi non è giustificata da *veruna esperienza* fatta in altre opere simili.

Stanno poi contro la pretesa sicurezza, facilità, e celerità di eseguimento:

a) La profondità di $14^{m.}50$ in cui è necessario di collocarli.

Poirel, il quale, ci vien detto, meglio di ogni altro intese il sistema di fondazione de' moli,

dice espressamente, §. 94, che questo sistema può usarsi convenientemente *sebbene non abbia avuto la sanzione della esperienza*, in profondità non maggiori di 7 ad 8 metri; che usar simili cassoni a profondità più grandi diventa troppo pericoloso.

b) I pericoli di assoluta rovina che corre il cassone nel varo – rimorchio – collocamento – riempimento, e periodo che la cementazione impiega a lapidificarsi, se colto da tempesta.

c) La difficoltà di affondarli in perfetto allineamento – in perfetta verticalità – a perfetto combaciamento, soltanto che il mare si mova.

d) La necessità di avventurare soltanto nelle calme d'estate questo genere di cassoni al mare, e l'impossibilità di esporli nelle altre stagioni, nelle quali, sebben si abbiano, ad intervalli, giorni di mediocri calme, è impossibile averne di seguito il numero che è necessario per collocarli, e questa difficoltà cresce se si considera, che, oltre alla calma, è necessario che non sia pioggia, nè vento assai forte.

e) La ristrettezza, e lo scomodo del cantiere di lavorazione dove si dovrebbe preparare la cementazione. Colla proposta di stabilire i cassoni perfettamente accollati uno all'altro, e quindi alla fronte attuale del molo, non è tenuto conto, che a lato di questa fronte esiste la scogliera, come abbiamo già osservato, e che non era conosciuta dal proponente, la quale estende la sua scarpa forse per 30 metri di distanza.

I tre cassoni corrispondenti a questa parte dovendosi quindi imbasare sulla scarpa della scogliera, non solo riuscirebbe difficile, e diciam pure impraticabile, collocarli accollati perfettamente l'uno all'altro, ma possiamo asserire, che riuscirebbe ben anco praticamente impossibile il collocarli in modo appena regolare.

Per quella lunghezza adunque, almeno di 30 metri, il metodo proposto non sarebbe applicabile.

Questa difficoltà non poteva essere avvertita dal proponente, che ignorava la esistenza della scogliera, e facciamo appello alla sua meglio illuminata pratica, certi che non potrà disconoscerla.

Tutte queste difficoltà, ed altre molte di dettaglio, che troppo lungo sarebbe lo enumerare, e specialmente quella dell' eccedente profondità, accennate dagli autori, che hanno in qualche limite usato il sistema, sono completamente messe da parte nella proposta che ci vien fatta, e il metodo vien presentato della più grande facilità, sicurezza e prontezza di eseguimento, e per quale fenomeno provvidenziale ciò accada, noi lo ignoriamo.

Sino a tanto che non si dimostri il contrario, e non lo si dimostri colla esperienza di opere eseguite, che però non esistono, noi abbiamo il diritto di ritenere le difficoltà presentate dagli autori vere e reali, i pericoli gravissimi, il sistema pressochè impraticabile nelle profondità dove vorrebbesi applicare, a meno che non siasi disposti a mettere a repentaglio l' esistenza di ciascun cassone.

Della celerità di eseguimento col sistema proposto ci si somministra però una prova apparente.

Si suppone, che un cassone possa stabilirsi in 12 giorni di tempo, giusta esperienze dedotte dalla cementazione del nostro bacino di carenaggio fatta in condizioni, e con facilitazioni di luoghi affatto speciali, e conchiudesi quindi, che due anni basterebbero a collocare i 15 cassoni necessari per l'intiera fondazione, poichè in due anni si hanno in media 300 giorni di calma di mare, quanti occorrono al collocamento dei cassoni. Ma come sono distribuiti questi giorni lungo il corso dell'anno? Quante volte si presentano a periodi di 12 giorni con calma di mare, senza vento o pioggia? Questo non ci è detto, nè ci è detto pure cosa succederebbe dei cassoni, i quali, intrapreso con calma di mare il collocamento, fossero colti da repentino agitarsi delle onde.

È bensì vero che Minard ci avverte, nell'inverno non solo non potersi collocare cassoni senza fondo, ma neppure costrur murature in luoghi esposti al mare.

Le murature esposte al mare non possono farsi che in estate.

Il mare è generalmente troppo agitato nell'inverno, ed i tempi grossi sono troppo ravvicinati, perchè il lavoro che si fosse fatto nei pochi giorni di calma colti alla sfuggita non fosse distrutto nei giorni successivi.

Così scrive [1], ed insegna l'illustre ispettore,

[1] Minard, idem, pag. 109.

ma i precetti dei più reputati autori, ed uomini pratici, sembrano diventati lettera morta, e noi temiamo oramai ne siano troppo ripiene le nostre pagine per provar cose, che in arte crediamo assiomi.

Alcune modificazioni però di dettaglio vengono proposte al sistema nella applicazione al caso; vediamone la portata, e se valgano a rimovere alcuna delle difficoltà proprie del sistema.

La prima consiste nel fare ai cassoni un fasciamento in ferro a vece che di legname, per *economia*, dicesi, per *facilità* d' immergerli.

L' impiego delle pareti in ferro innalza di molto la spesa di costruzione (1) *dei cassoni*, così dice Sganzin, e tanto basta dal lato economico per il detto cambiamento.

Un secondo cambiamento sta nel formarvi la coperta o tolda, oggetto di nuova spesa, mentre a difendere la cementazione, quando sia formata, Poirel ci fa conoscere, che basta una semplice tela incatramata applicatavi in modo stabile che la ricopra.

Segue altro cambiamento, la ommessione del fondo di tela.

E Poirel ci dice, §. 89, che *il fondo di tela è la parte essenziale e capitale di questo modo di costruzione*, *senza del quale sarebbe completamente difettoso*, e ciò per le solide ragioni che adduce.

Un' altra particolarità tutta propria di questa

(1) Sganzin, vol. II, pag. 332.

proposta consiste nel formare le pareti dei cassoni con semplici colonne verticali di legno, sulle quali sta applicata una lamiera di ferro per fasciamento di 5 millimetri di spessore, senz'altra contestura di legname che colleghi le parti, e dia qualche resistenza ai cassoni, se non contro la violenza del mare, ciò che sarebbe impraticabile, ma almeno contro la spinta della cementazione, e li renda atti a reggere alle operazioni di varo e rimorchio, resistenza che al certo non hanno nel modo come sono proposti.

Poirel formò i cassoni, da lui usati, sebbene di piccole dimensioni, con solidi graticolati e fasciature di legname, e ne rinforzò le pareti con razzi esterni, che le appoggiassero contro la spinta della cementazione, e Calamatta fortificò pure le pareti de' suoi cassoni, ugualmente di piccole dimensioni, con due o tre ordini di traverse interne [1].

Da questo breve cenno delle varianti proposte, se non andiamo errati, sembraci si possa dedurre che, invece di togliere alcuna delle difficoltà proprie del sistema, altre ne sarebbero, e di nuovo genere introdotte.

Restando adunque tutte le difficoltà accennate, dopo che ci venne descritto il mare di Genova di una violenza tale da distruggere e spiaggie e paesi, e fu censurato severamente, che con troppa confidenza nella fortuna, e con non minore imprudenza

(1) Anniet, pag. 151.

si voglia affidargli una fondazione a scogliera, che pure ha avuta, ed ha la sanzione di tutti i tempi, di tutti i luoghi, e dei più rinomati ingegneri, non possiamo a meno di restare sorpresi che si proponga, senza l'appoggio di alcun precedente, e contro l'avviso degli autori, di esporre a questo mare medesimo degli immensi cassoni, la contestura principale dei quali consiste in una lamiera di 5 *millimetri* di spessore, e ciò in tutte le stagioni dell'anno, colla maggior confidenza non solo, ma con assicuranza che il sistema risulti della massima facilità, e d'immancabile e celere riuscita, e quindi senza neppure accennare a verun pericolo od avaria possibile!

Ma supposto superata ogni difficoltà, modificata la struttura dei cassoni, formati abbastanza resistenti, e collocati senza perderne alcuno, risulterebbe almeno più vantaggioso il sistema dal lato economico?

Prima di entrare in calcoli a questo riguardo dobbiam considerare un altro vantaggio, che si attribuisce a questo sistema, nella speciale circostanza: si crede non necessario di guarantir questi lavori con una scogliera esterna. Si avrebbe in tal caso un'opera a parete verticale, che si eleverebbe dal fondo del mare sino al suo livello, e quindi una sovrastruttura imposta a quest'opera.

165. Abbiamo a suo tempo rilevato che Sganzin e Reibell prescrivono di premunire, almeno temporaneamente, le fondazioni a cassoni con fondo o

senza, riempiuti di muratura o di bitume, con una scogliera che li protegga sino a tanto, che siano assodate le murature e le cementazioni.

Abbiamo veduto che Calamatta e Poirel, che applicarono in qualche estenzione il sistema a cassoni senza fondo, li difesero con una scogliera esterna; che tale scogliera fu pure collocata nella parte de' nostri moli, dove erano cassoni senza fondo; perchè al caso nostro non sarebbe necessaria? Forse che i cassoni non sarebbero riempiuti di quella stessa cementazione di cui li riempiva Poirel? (1) Forse che la cementazione interna prenderebbe una così celere consistenza da non aver d'uopo di un tale riparo per resistere all'azione delle onde?

Dalle esperienze del generale Freussart (2) riferite da Poirel in occasione dei lavori da lui praticati ad Algeri rilevasi, che un prisma di bitume, dopo venti giorni di sua formazione, avea una resistenza assoluta di mezzo chilogramma circa per centimetro quadrato, tanta quanta basta appena a contenere agglomerata la materia, e dall'opera insigne del nostro bacino da carenaggio, autorità che non ci sarà contestata, ricaviamo (3) che 9 *mesi all'incirca si credettero bastanti perchè la cementazione*

(1) Si vorrebbero anzi riempiuti non di puro bitume come ad Algeri, ma di bitume e pietrame informe, composizione che avrebbe quindi minore consistenza.

(2) Poirel, pag. 9.

(3) Sauli - De' bacini da carenaggio, pag. 53.

fosse assodata, eppure questa cementazione era fatta con tutte le cure possibili. Tanti quindi probabilmente ne occorrerebbero all' opera del molo, affinchè la fondazione fosse consolidata in modo da aver raggiunto prossimamente lo stato di lapidificazione necessario, perchè tutta la massa di un cassone concorra, come un monolite, alla resistenza, ed in questo intervallo almeno l'opera avrebbe bisogno di essere difesa da una scogliera.

166. Nè una scogliera è necessaria soltanto per difendere la fondazione di un molo, ma lo è altresì per proteggere la sovrastruttura mentre è di costruzione recente, e non ancora rassodata abbastanza da resistere all'urto delle onde. Questo ci dice Sganzin. (2)

167. Altre ragioni non meno possenti vi sono per munire l'opera di una scogliera esterna, e non transitoria, ma stabile, e presentare così un piano inclinato all'azione delle onde.

Prima fra queste è la necessità di difendere il piede dagli scalzamenti che le onde accorciate, colla loro azione, produrrebbero sul fondo naturale con rovina dell'opera, e di proteggere le estremità, e le fronti stesse dall' azione vorticosa delle onde e delle correnti, che tanto potentemente agiscono nel caso de' moli di Genova, tendendo a scalzarne le fondamenta, come già si notò al §. 55.

(1) Sganzin, vol. II., pag. 288.

Emy dice a questo riguardo [1]: un paramento verticale avrebbe il grave inconveniente di far luogo, colla caduta di enormi fiotti di fondo, a degli scalzamenti che causerebbero *infallibilmente la rovina di tutta l'opera.*

L'opinione di Emy sull'impossibilità che una opera a parete verticale resista senza rovinare, è divisa da Minard [2]. E di questa verità somministra una luminosa prova la storia dei famosi murazzi di Venezia. Incominciati intorno alla metà del secolo 18.° secondo il piano del celebre Zendrini, furono eseguiti con differenti profili, ma ovunque con grandi conci di marmo d'Istria perfettamente squadrati e messi in opera con ogni diligenza, ed in cemento di pozzolana. L'esperienza mostrò ben tosto che in quei tratti verso Chioggia dove essi presentavano al mare una elevata fronte verticale, l'impeto delle onde ne scalzava il piede, ond' ebbero a soffrirne gravi guasti e rovine, alle quali non si potè por riparo che munendoli di un'abbondante scogliera.

Ma vi è di più: anche in quei più lunghi tratti nei quali la fronte è disposta ad ampi scaglioni di minima inclinazione, separati da poco elevati risalti, l'unghia a mare, benchè pochissimo rilevata sopra il livello della marea, era siffattamente colpita e

(1) Pag. 151.
(2) Pag. 21, idem.

sconcertata dalle burrasche, che fu forza, per salvarla da continui, sebben men gravi danni, provvederla anch'essa d'una continua gettata di massi a pietre perdute.

168. Anche fra di noi, e sul litorale contiguo al porto di Genova, abbiamo avuto esempi di opere rovinate dal mare per non essere state difese con iscogliere.

Ricordiamo che intorno al 1840 volendosi fare un molo d'approdo nella spiaggia della foce davanti al lazzaretto, si collocò in testa al medesimo un cassone in legno con fondo, che fu riempiuto in muratura, di cui s'intraprese, e si eseguì in parte il collegamento alla spiaggia mediante buone murature, senza proteggere nè queste, nè il cassone con iscogliera, per lasciar più libero l'approdo; ma attaccata l'opera dal mare, in breve tempo fu condotta a rovina, e distrutta per modo, che pochi anni dopo non restò più traccia nè del cassone, nè delle murature.

Da altra parte invece un cassone collocato in circostanze identiche in testa ad un pennello costrutto da pochi anni sulla spiaggia di Final-Pia, e riparato con iscogliera di protezione, si mantenne inalterato a tutte le tempeste.

169. Ma senza cercare altre autorità troviamo, che la necessità di difendere le opere, anche le più robuste, e le meglio fondate, dagli scalzamenti del

mare mediante scogliere, fu altre volte avvertita anche dallo stesso colonnello Sauli, là dove dice [1]:

Nè sarà efficace rimedio a questi danni il condurre la strada ferrata nel porto sovra viadotti formati da arcate a pilastri, poichè, a meno di non garantire il piede di questi con robuste ed annualmente rifiorite scogliere, egli è certo che l'urto dell'onda, producendo nella fabbrica così isolata una veemente oscillazione, e per l'effetto delle onde retrograde generandosi ai piedi dei sostegni dei gorghi, e delle corrosioni, questi non potranno per lungo tempo resistere, e colla loro rovina, che non sarà certo nè facilmente, nè in breve tempo riparata, ecc., ecc.

170. Considerazioni secondarie, ma pur indeclinabili, rendono altresì meno accettabile la proposta fondazione, o mostrano più evidente la necessità di una scogliera di difesa.

Niuno ignora, che il molo di cui si tratta, mentre servirà a rendere sicura la stazione delle navi, dovrà formare la piattaforma per batteria a difesa militare della città e del porto. È necessario adunque di premunirlo dalla distruzione, che il nemico potrebbe arrecarvi colle mine.

Già sappiamo da Sganzin, che le sole opere fondate a scogliera sono indistruttibili per l'azione delle mine; l'opera adunque stabilita sopra la fon-

(1) Inserto nella risposta della commissione tecnica citata, pag. 61.

dazione proposta, in caso di attacco del nemico, sarebbe agevolmente distrutta, e la batteria stessa, appena il mare si agiti, e vada a rompere contro la sua parete verticale senza essere stato prima frenato da alcuna scogliera, sarebbe di continuo invasa dalle onde, e si troverebbe completamente inservibile forse quando maggiore ne sarebbe il bisogno. Una scogliera adunque dovrebbe esservi stabilita e per difendere la fondazione, e per proteggere la sovrastruttura.

171. Non possiamo lasciare inosservata un' altra teoria nuova, che troviamo emessa in questa occasione, quella cioè, che le pareti verticali esposte all'azione delle onde resistono meglio che le inclinate, perchè presentano all' urto delle medesime una superficie minore, che non queste ultime.

172. Crediamo quest' asserzione un' inavvertenza, a cui non possiamo dar peso, perchè ci sembra in opposizione coi principii della meccanica; solo al riguardo della pratica applicazione rimandiamo all' opera di Emy (1), dove dice, sanzionando la massima opposta: *ho riconosciuto, che fra tutti i profili, che si possono dare ai rivestimenti delle opere esposte al mare, quello di un paramento verticale è il pessimo*; e poi all' opera di Sganzin (2), dove concordemente ad altra asserzione di Emy (3) è detto: *i grandi piani*

(1) Préface.
(2) Pag. 292, vol. II.
(3) Pag. 115, id.

inclinati assai allungati sono, senza contraddizione, le superficie che presentano meno ostacoli al mare, e subiscono tanto minor deperimento, quanto le pendenze loro sono più dolci. Segue poi Sganzin [1]:

Le pareti ripide piane espongono il minimo di superficie all' azione delle onde, ma provano pure il massimo sforzo sopra ciascuna delle loro zone all' altezza a un dipresso del piano medio delle maree; di più le onde accorciate e riflesse devono agire con maggior forza al piede di queste pareti, e attaccare le fondazioni di luogo in luogo, se il fondo non è molto resistente.

173. Abbiamo d' altronde riferito esempi di opere a paramento verticale costrutte colla massima solidità, ed anzi in marmo, come i murazzi di Venezia, eppure rovinate dal mare appunto per causa del loro profilo verticale, e possiamo a contrapposto citare le grandi dighe, che difendono i territori dell'Olanda, delle quali così ragiona De-Fazio [2], dopo di aver egli pure descritto gli inconvenienti accaduti ai murazzi di Venezia: *queste, molto più economiche, poichè di semplice terra, ma con grandissima scarpa, bravano gli attacchi de' più furiosi cavalloni.*

174. Esaminiamo adesso la spesa che il proposto metodo importerebbe.

Per maggior evidenza però della convenienza comparativa ommetteremo d'introdurre nel calcolo la

(1) Pag. 293, vol. II.
(2) De-Fazio, discorso II, pag. 61.

spesa occorrente per una scogliera di difesa, per la ragione che questa spesa è contestata, ma ci atterremo alle sole spese accertate senza contraddizione.

175. Già, trattandosi in generale del sistema a cassoni senza fondo, abbiamo osservato come, astrazione fatta dalle scogliere di difesa, e dalle successive manutenzioni, la spesa di primo stabilimento risultava assai più rilevante, e quindi meno conveniente che non quella di una fondazione a scogliera, e che riusciva pure meno conveniente, quando anche si tenesse conto della spesa di manutenzione, che occorre in quest'ultimo sistema, §. 147, e la comparazione fu fatta a fronte delle proposte dell'ingegnere Poirel, i cui cassoni essendo in legname, e senza coperta, tornano i più economici.

Come succeda adesso, che in questa proposta dove, avvece del legname, si usa il ferro, ci si presenti come più economico, e s'intenda mostrarlo con cifre, noi troveremo la spiegazione nei calcoli medesimi che ci sono offerti. Analizziamo.

176. I cassoni proposti hanno le dimensioni di metri 16 in larghezza, metri 10 in lunghezza, metri 15 in altezza, e ci sono offerti come più economici che se fossero formati intieramente in legname.

La spesa di ciascuno è assegnata in lire 38,294. 20. Osserviamo, che nel calcolo manca l'intiero prezzo del legname occorrente a collegare i montanti, e dare al cassone qualche consistenza.

Non è contemplata la spesa del fondo in tela, che secondo Poirel è indispensabile.

Non sono comprese le spese necessarie a formare l'intiero sistema per sostener galleggiante il cassone prima di naufragarlo.

Il prezzo dei legnami a L. 60 al metro cubo è inferiore al puro prezzo iniziale della materia, e quindi manca inoltre intieramente la spesa necessaria della mano d'opera per lavorarlo e collocarlo a sito.

Ommessa in tal modo buona parte della spesa, che occorrerebbe veramente a formare un cassone tale da potersi trattare, egli era agevol cosa presentare una cifra finale, da cui apparisse una economia, che in realtà non potrebbe avverarsi.

La capacità del cassone è di metri 2,400, ed a riempiere questa sono proposte:

Pietre scapoli metri cubi 800 a L. 3
Cementazione » 1,600 a » 20

In tutte le opere sin qui praticate in questo genere, come esplicitamente rilevasi dalle memorie di Gialdi e Poirel, sebbene di minore importanza che quella di cui ora si tratterebbe, e non solo moderne, ma antiche, per quanto può riconoscersi dai ruderi del porto di Pozzuoli, i cassoni erano riempiuti con pura cementazione, e ciò per ottenere la massima resistenza; nel caso presente troviamo introdotto un terzo di pietrame informe, ciò che altera, e diminuisce la resistenza del composto in un'opera

dove per la prima volta dovrebbe trovarsi esposto a sostenere una imponente sovrastruttura, una pressione enorme, e la violenza diretta delle onde!

Egli è facile in questo modo far figurare una nuova economia, sostituendo informe pietrame di minimo prezzo a puro cemento di un prezzo considerevole; ma sull' esempio delle varie opere ora ricordate, noi siamo autorizzati a ritenere, che questa innovazione, introdotta per ragione di economia, lede alla solidità dell'opera, e non si dovrebbe accettare; ed in questo caso, se al pietrame si sostituisse una quantità corrispondente di cementazione, ecco in un subito aumentata la spesa del riempimento poco meno della metà di quanto ci è presentato.

Ma passiamo oltre, e riteniamo il volume composto di pietre scapoli e cementazione.

177. Essendo versati m. c. 800 di pietrame a L. 3 al metro, abbiamo una spesa di L. 2,400.

In arte ognuno conosce, che un volume qualunque di pietre scapoli, che sono misurate a cumuli, contiene una massa effettiva di materia che, al massimo, corrisponde soltanto ai due terzi di questo volume.

Gli 800 m. c. adunque di pietrame immersi nella cementazione occuperanno uno spazio effettivo di m. c. 533.

Resterà quindi da occuparsi dalla cementazione il rimanente volume del cassone in m. c. 1867.

Ma noi, profittando delle lezioni dell'esperienza

che ci vengono presentate come cose di fatto, ed intorno alle quali non ci crediamo quindi in diritto di elevar dubbio, ricaviamo da una autorità, che non sarà contestata dal proponente, il seguente precetto:

[1] *È da notarsi però che questa materia* (cementazione) *quando si trova affondata nell' acqua sia per la melma che ne risulta, come per la pressione a cui è sottoposta, perde almeno* 1|3 *del suo volume misurato in asciutto. Ho creduto opportuno di notare questo fatto, onde serva di norma sulla valutazione di opere a getto, che dopo questo venissero proposte.*

Ma nella valutazione che ci è presentata del riempimento a getto dei proposti cassoni noi non vediamo tenuto conto di questa riduzione di 1|3 di volume della cementazione versata. Riterremo che sia una dimenticanza, cui però non si potrà a meno di riparare in un computo esatto, ed applicheremo il precetto.

Per ottenere allora colmato il volume di metri 1867, noi dovremo versare 2800 metri effettivi di cementazione, e non già 1600 come venne proposto.

Passiamo all' applicazione dei prezzi.

Trattandosi in questo caso di un' opera interamente di cementazione, i prezzi del cemento non potrebbero essere dedotti che da simili opere eseguite in grande scala nel nostro porto, l'unica delle quali è quella del bacino da carenaggio.

(1) Sauli - De' bacini da carenaggio, pag. 48 in nota.

In questa, dove la cementazione oltrepassò i 36 mila metri cubi, il prezzo assegnato al metro fu di L. 35; e se particolari cure furono usate per la sua composizione, e alquanto minori se ne esigerebbero per l'opera del molo, si avrebbe però in questa molto maggiori disagi, quindi simile prezzo dovrebbe ritenersi ugualmente per questa, e non l'altro che vi si vorrebbe assegnare per sole L. 20 affatto insufficiente.

Ma per proseguir sempre con dati, che non ammettano contestazione dagli stessi opponenti, noi riterremo il prezzo di L. 20.

Il valore di un cassone riempiuto tornerebbe adunque come segue:

Prezzo assegnato al cassone .			L.	38,294 20
Riempimento :				
M.[ri] 800 pietre scapoli a L.	3	2,400		
» 2800 cemento . . . »	20	56,000	59,900	»
Spese diverse . . . . . . »	»	1,500		
		Totale riunito	L.	98,194 20

E per una sezione di un metro L. 9,819 42

Questo risultato ottenuto a malgrado e delle ommessioni di spese notate, e dei prezzi insufficienti, e dell'economica, e poco ammessibile sostituzione di pietrame ad una parte del cemento, già ci fa conoscere, che la supposta economia del metodo, a fronte del prezzo della fondazione a scogliera che è di L. 7650, di fatto non esisterebbe più; ma si proceda.

I cassoni proposti hanno 16 metri di larghezza sufficiente appena a stabilirvi la massa del molo, ma nel progetto, che venne adottató, oltre al molo sta un muro di sponda di tre metri dal lato interno del porto per servizio della navigazione, e ciò per evitar l'inconveniente, che si verifica nell'ultimo prolungamento dove non ne fu stabilito; occorrerebbe quindi dare ai cassoni una larghezza non di 16, ma di metri 19 per far luogo al muro di sponda.

Questa circostanza farebbe aumentare:

1.° Di 3/16 il tempo necessario al collocamento, e quindi maggiori renderebbe i pericoli di collocare a salvamento ogni cassone;

2.° Innalzerebbe pure di 3/16 la spesa ora calcolata, di modo che un metro lineare di fondazione, colla larghezza necessaria, darebbe un valore di L. 11,660. 56, e questa somma risulterebbe dopo di avere ommessa la scogliera di difesa, e tenuto niun conto di tutte le altre circostanze testè ricordate, che dovrebbero fare aumentare la cifra in modo rilevantissimo.

178. Il prezzo di un metro lineare di fondazione a scogliera essendo di L. 7650, abbiamo quindi, che il metodo proposto dà una maggiore spesa di L 4010. 56 per ogni metro, e sul totale di L. 601,584. 00.

179. Ma sorge a questo proposito la quistione della manutenzione successiva. Rilevantissima è detta quella della fondazione a scogliera.

Nulla affatto quella della fondazione a cemento, perchè *in questa la solidità aumenta continuamente, e per conseguente la resistenza*, e l'opera è eterna.

180. Abbiamo già notato coi fatti alla mano, che la manutenzione delle nostre scogliere attuali, fatte con minore diligenza, non arriva alla somma di L. 45 annue per ogni metro corrente, ed abbiamo per sovrabbondante ipotesi ritenuto, che questa spesa possa occorrere alla nuova scogliera, sebbene costrutta più accuratamente, e con massi di maggiore volume, spesa che rappresenta un capitale di L. 900.

Abbiamo detto che questo capitale, aggiunto al prezzo iniziale della nostra fondazione in L. 7650, dà un totale di Ln. 8550 per metro, valore che corrisponde ad un'opera indistruttibile col fatto.

Paragonata questa spesa col puro valore iniziale del sistema a cementazione, calcolato nel modo che si è detto, troviamo tuttavia nel sistema a scogliera una minore spesa di L. 3110. 56 per ogni metro lineare, ammesso pure che il sistema a cementazione non abbisognasse di alcuna manutenzione.

Questo risultato non ammette replica, e chiaramente mostra in qual modo amministrerebbe gli interessi pubblici chi adottasse il proposto metodo di fondazione.

181. Ma sarà egli vero che ad un'opera di questo genere non occorrerebbe in effetto veruna manutenzione, e sarebbe quindi un'opera eterna? (1)

(1) Vedi appendice.

Ogni cosa mortal passa, e non dura, dice il poeta, e nessuno dubiterà, che anche un' opera in mare, fondata con quel sistema, non vada soggetta a quella legge incsorabile del tempo, che tutto distrugge.

A provar quest'eternità dell'opera proposta ci si adduce l'esempio delle opere eseguite dai Romani negli antichi porti d'Italia, contro alle quali, si dice, *a nulla valse il dente distruggitore del tempo, ed il prepotente imperversar delle tempeste.*

Per accertare che anche le opere fondate a cementazione entro cassoni senza fondo non sono eterne, ma soggette a deperimento, e che quindi, come tutte le altre, abbisognano di manutenzione, vale l'esempio delle opere, sole conosciute di data alquanto remota, eseguite in questo genere da Calamatta allo antemurale di Civitavecchia nel 1776.

Abbenchè queste fossero state difese da una gettata di grandi massi artefatti, nondimeno nel 1833, così ne scriveva l'ingegnere capo Anniet, dopo ispezione sul luogo. (1)

Ce travail défoncé de toute part ne présente plus aujourd'hui que des arrachemens, et des ruines.

182. Ma anzichè ogni altra autorità, noi non sapremmo dove trovare argomento più valido dell' esempio delle opere stesse de' porti eseguiti sotto il

(1) Annales des ponts et chaussées, 1834, pag. 152.

Romano Impero in prova della caducità delle opere praticate col sistema proposto.

De Fazio [1] ci enumera i porti antichi della Grecia, del Lazio, e del Piceno, dei quali, per molti, la storia contende anche del luogo dove fossero collocati, dappoichè scomparve ogni vestigio delle opere onde erano formati, e dei cento porti antichi, che la storia registra, uno solo ne esiste, ma formato in scogliera, quello di Civitavecchia; degli altri, con opere fondate a cementazione, più nulla resta, tranne a Pozzuoli e Nisita, ove sono le reliquie di alcune pile monche, diradate, *corrose anche queste dal dente distruggitore del tempo.*

Se tutte le opere e greche e romane adunque, fuorchè quella di un porto a scogliera, furono, meno poche insignificanti reliquie, completamente distrutte ed annichilate dal tempo, non si saprebbe quale più efficace argomento addurre, come si disse, contro la indistruttibilità della fondazione proposta, la quale quindi come tutte le altre esigerebbe spese di manutenzione.

183. Chiuderemo il già troppo lungo ragionamento riassumendoci nei seguenti termini:

Il metodo di fondazione proposto a cassoni senza fondo da sostituirsi a quello a scogliera, ha con sè tali difficoltà, che confinano colla impraticabilità,

(1) Discorso III.

è quello fra tutti i sistemi che esige maggior tempo di eseguimento, e che sta esposto a maggiori pericoli.

Non è giustificato da verun precedente; è meno assai conveniente in via economica, che la fondazione a scogliera; non soddisfarebbe alle condizioni della difesa militare; porterebbe con sè stesso i semi della distruzione.

184. Il piede scalzato dalle onde, le pareti solcate dalle colonne di legname aprendo la via a numerose breccie, appena il legname sia corroso, il pietrame versato nella cementazione alla rinfusa, che favorisce l'estensione di queste breccie, l'onda che senza alcun freno battendovi di continuo a guisa di ariete, e sgrottando la cementazione, le estende, e le approfonda, le immancabili imperfezioni risultanti nello accollamento dei successivi cassoni, li cedimenti parziali che possono avvenire a ciascun cassone, come avvennero a quasi tutti i grandi cassoni collocati nei precedenti prolungamenti de' moli, sono elementi tali non da promettere una stabilità eterna, ma da lasciar intravedere una prossima rovina, e noi non sapremmo applicar meglio opportunamente che in questo luogo il detto di De-Fazio ricordato dal colonnello Sauli (1):

Tanto è vero, che non si deve riputare saggiamente immaginato, o eseguito ciò che ha in sè del

(1) Sauli, pag. 5, idem. — « De-Fazio - Intorno al miglior sistema di costruzione de' porti, Napoli, 1828, pag. 61. »

meraviglioso, ciò che è protetto dalla sola autorità, e da un nome che abbia grido, se fiancheggiato non sia dalla ragione.

185. Abbiamo detto, che la proposta non è giustificata da verun precedente, poichè non si conosce alcun molo fondato con questo sistema; il nostro molo adunque dovrebbe servire di un primo esperimento, contro gli espressi precetti degli autori che si oppongono allo adottarlo nel caso presente. Abbandonar quindi il sistema a scogliera sanzianato dal tempo, dall' autorità universale, e seguito in tutti i più importanti lavori, per sobbarcarsi con un altro sistema a tutte le eventualità delle burrasche, l' affidare la protezione del nostro porto e del nostro commercio ad un lavoro, che debba servir d'esperimento, sarebbe, a parer nostro, un affidarsi ad un pericoloso giuoco di sorte assai imprudente, e lo abbandonarvisi poi, sprecando largamente i denari dell'erario, sembra altresì, che sarebbe un far opera poco dicevole ad amministratori del pubblico interesse.

CONCLUSIONE.

A malgrado delle nuove proposte che furono fatte per variare il sistema di costruzione del nostro molo, e la luce sparsa sopra di quest'argomento coll' autorevolissimo scritto dell'illustre Colonnello Sauli, ci crediamo in grado di conchiudere, che nulla vi è sostanzialmente da innovare nelle determinazioni prese dall'Amministrazione; che il sistema ed i progetti adottati sono i più convenienti al caso nostro, e che la Commissione da cui fu preferto il sistema a scogliera, gli Ingegneri che lo accolsero e formularono i progetti, i Consessi d'arte che ne consigliarono l'ammessione, l'Amministrazione superiore che adottò, ed i Poteri dello Stato che sanzionarono, ed autorizzarono l'eseguimento, agirono ognuno, rispettivamente alla cerchia delle proprie attribuzioni, nel vero e bene inteso interesse dello Stato, e che sono assai lontani dal meritar quelle censure, colle quali più o meno direttamente si vorrebbero colpire.

APPENDICE.

Nella critica del progetto adottato dall' Amministrazione fu condannato in modo assoluto il sistema di fondazione a scogliera, comparativamente levata a cielo la fondazione a massi artefatti. Fu detto che il profilo adottato non avea resistenza sufficiente, che la banca esterna sarebbe distrutta al primo commoversi delle onde, e fu proposto in sostituzione un nuovo profilo senza di questa banca, ma rivestito di massi artefatti di bitume, ad imitazione di quanto fu praticato nelle opere del porto della Joliette dall' ingegnere Pascal, ritenendo che questo debba essere molto più resistente.

A fronte di tale proposta il Ministero dei lavori pubblici volendo sempre più illuminarsi nella quistione, e procedere colla massima cauteta, si determinò a consultare quello stesso ingegnere Pascal,

le opere del quale vengono meritamente prese ad esempio da coloro stessi, che impugnano le disposizioni dell'Amministrazione, per avere la sua opinione intorno ai diversi punti della quistione agitata, e precisamente:

1.° Intorno alla resistenza del profilo adottato;

2.° Intorno alla stabilità della sua scarpa;

3.° Intorno alla stabilità di una scarpa a massi naturali, paragonata con quella di una scarpa a massi artefatti;

4.° Intorno alla convenienza di usare piuttosto massi naturali che artefatti nella formazione della scarpa delle scogliere.

A tale effetto, col mezzo di uno degli ingegneri del Corpo del Genio Civile, fece presentare al prefato Cav. Pascal il profilo adottato per l'opera del molo di Genova, e porre a lui i seguenti quesiti perchè favorisse il suo avviso in proposito:

1.° Il profilo adottato può ritenersi con fondamento più solido del profilo del molo della Joliette, ammesso pure che più tempestoso sia il mare di Genova?

2.° La scarpa esterna di massi naturali delle dimensioni ciascuno di 10 a 35 metri cubi, e con una base uguale a due volte l'altezza, potrà sostenersi con uguale solidità, o maggiore, contro la violenza delle onde, come una scarpa di massi artefatti di 10 metri cubi ciascuno, costituita con una base uguale ad una volta e mezza l'altezza?

3.° Ritenuto che una differenza deve esistere nella solidità fra due scarpe costituite con eguali dimensioni, l'una in massi artefatti, l'altra in massi naturali del peso specifico di 2600, differenza che sta a vantaggio dei massi artefatti in ragione della regolarità della loro forma, devesi ritenere che questa differenza sia molto notevole, o di poca considerazione?

4.° Nel profilo della Joliette, la scarpa esterna fu rivestita di massi artefatti, perchè si riconosceva questa pratica assolutamente preferibile per la resistenza, ovvero fu così praticato per la difficoltà di avere dei massi naturali di volume corrispondente, od almeno per la difficoltà di ottenerli ad un prezzo conveniente?

5.° Se si fossero avuti massi dai 10 ai 35 metri cubi ciascuno, al prezzo da L. 9 a 13 pel porto della Joliette (come a Genova), si sarebbe a questi data la preferenza, ovvero si sarebbe ugualmente adottato il sistema di massi artefatti al prezzo a cui furono pagati, ritenendo che la maggiore spesa restasse compensata colla maggiore solidità?

In pari tempo fu consegnato all'ingegnere Pascal il capitolato d'appalto del molo di Genova, ove stanno descritti i particolari della costruzione, e, per meglio illuminarlo, il nostro collega volle altresì offrirgli l'opuscolo del colonnello Sauli, scritto a questo riguardo, che egli avea seco.

Preso il tempo opportuno, e maturata la quistione, il prelodato ingegnere volle fare ai proposti quesiti le seguenti categoriche risposte:

Al Quesito 1.°

Il profilo adottato pel prolungamento del molo occidentale del porto di Genova può essere considerato come suscettibile di resistere alle più forti tempeste.

Tuttavia, come il signor Pascal ha riconosciuto e per esperienza propria nelle opere da lui costrutte, e coll' attento esame d' un gran numero di moli e sponde fondati sopra bitume versato nell' acqua, che questo genere di costruzione presenta il grave inconveniente, esposto alle mareggiate del largo, di lasciarsi solcare dalle onde, che vi scavano rapidamente delle breccie profonde, le quali rendono necessarie frequenti riparazioni, dispendiose, e di poca durata, opinerebbe di non appoggiare la sovrastruttura del molo sopra questo genere di muratura, di cui si dovrebbe limitar l' uso alla fondazione della sponda interna.

Al Quesito 2.°

Questa solidità dipende in gran parte dalla forma de' massi, e dal modo con cui vengono disposti. Il signor Pascal crede, che i massi naturali sono più solidi degli artefatti, quando la roccia da cui si cavano è stratificata con qualche regolarità (ciò accade nelle cave del porto di Genova), *e che i massi sono disposti nel rivestimento delle scarpe in modo, che si sostengano vicendevolmente, come si usa coi massi artefatti, e senza mescolarli con pietre di piccole dimensioni.*

Al Quesito 3.°

Siccome i massi naturali, dei quali si può disporre a Genova, sono di un volume più considerevole, ed hanno nell' acqua un peso specifico un terzo più forte che i massi artefatti impiegati alla Joliette, egli è evidente, che presenteranno maggiore solidità che non questi ultimi, se l'irregolarità di loro forma non diminuisce la loro stabilità in modo sensibile.

Al Quesito 4.°

Non si sarebbe potuto procurarsi per le scogliere del porto della Joliette che massi naturali di piccola dimensione, e di forma irregolarissima, ed unicamente per riparare a questo doppio inconveniente si fece ricorso a massi artefatti.

Al Quesito 5.°

Il signor Pascal non esiterebbe punto a valersi di massi naturali estratti da cave stratiformi, che somministrino massi di un volume considerevole, quando pure il loro prezzo fosse prossimamente lo stesso di quello dei massi artefatti, ed abbenchè non possa disporre di massi regolari, si propone di far la prova al porto Napoleone di una scogliera rivestita con massi naturali del volume intorno ai 10 metri cubi ciascuno.

In correlazione alla risposta fatta al primo quesito, l'ingegnere Pascal consiglia di fare una riduzione di 11 metri alla larghezza della massa della scogliera di fondazione, assicurando che l'opera, anche così limitata, sarebbe capace di resistere non solo alle tempeste del Mediterraneo, ma alle più fiere dell' Oceano.

Stavamo per dare alle stampe questo nostro scritto, quando venne a nostra conoscenza l'opinione dell'ingegnere Pascal nel merito della quistione, e ci determinò ad aggiungere la presente appendice.

Se avevamo qualche confidenza negli studi da noi fatti intorno alla quistione, e questi ci portavano ad attenderci quella opinione favorevole al nostro assunto, confessiamo, che il risultato dell'interpello fatto ad un tanto distinto ingegnere ha oltrepassato la nostra aspettativa.

Mentre si pretende che il profilo adottato non è capace a resistere, quì si propone di farvi una considerevole riduzione di 11 metri, che però non può aver luogo per 9 metri nella parte centrale per cause indipendenti dalla stabilità, essendo invariabile la larghezza del corpo del molo, che deve esservi sovraimposto, per ragioni della difesa militare, che ha da stabilire al di sopra una batteria.

Mentre si vuole che la scarpa di massi naturali non abbia stabilità, si minaccia lo ingombro del porto coi massi che dovrebbero formarla, e si propone di sostituirvi dei massi artefatti con molto mag-

giore dispendio, si viene a conoscere, che alla Joliette questi furono usati in mancanza assoluta di massi di pietra naturale di considerevole volume, ed aventi qualche regolarità; che se si fossero avuti massi naturali adatti non si sarebbe esitato punto a preferirli anche a prezzo uguale, e che nel nuovo porto Napoleone si va a tentare di sostituire ai massi artefatti dei massi naturali, anche irregolarissimi, e con grave dispendio, e del solo volume approssimativo di 10 metri cubi ciascuno.

Mentre si pretende che i massi artefatti hanno una resistenza assai più grande de' naturali, quì si ritiene come cosa, che non ammette dubbio la sentenza opposta.

Noi non sapremmo pertanto qual più valido argomento potesse venirci a conferma di quanto abbiamo esposto, e conchiuso, che il giudizio in tutto conforme di un'autorità così competente.

Nè solo abbiamo con questo la conferma delle nostre conclusioni, ma per sopraggiunta caviamo la esplicita candanna del modo di fondazione in bitume che altri propone sostituire alla fondazione a scogliera, essendo che questo genere di fondazione, a vece di risultare indistruttibile, eterno, e scevro da bisogni di manutenzione, come si pretenderebbe, esposto alle mareggiate del largo, si dichiara che non può reggere, va continuamente soggetto a gravi, incessanti, e costose manutenzioni, e questi fatti sono dedotti dalla esperienza e dall'osservazione di un in-

gegnere de' più versati nella pratica delle costruzioni marittime, le cui opere a giusto titolo sono prese a modello dai nostri opponenti, che ha immaginato e diretto i più grandi lavori marittimi eseguiti dalla Francia in questi ultimi anni, e quelli che sta eseguendo colla formazione del nuovo porto Napoleone!

Nel trasmettere poi l'avviso dell'ingegnere Pascal, il nostro collega, che da più di 25 anni attende ai lavori marittimi della divisione di Nizza, ed ha quindi una pratica consumata, concorrendo nell'avviso di proscrivere le fondazioni a bitume, così si esprime:

Il punto sul quale il signor Pascal insiste maggiormente si è la soppressione delle fondazioni in bitume, in cui non ha veruna fiducia, avendo osservato (come tutte le persone che si occupano di consimili lavori), che ben poche sono le strutture in bitume esposte ai mari del largo, che durino più di 15 in 20 anni; sicchè non solamente non ha fondato il molo della Joliette su tali strutture, ma è nella intenzione di non valersene neppure per le calate interne del porto Napoleone.

FINE.

Leggenda

Fig. I A Sovrastruttura del Molo.
B Letto di cementazione
C Scogliera di fondazione
D Forma che avrà, prima e probabilmente anche dopo le tempeste, la scarpa esterna formata con grandi massi.
H Muro di sponda di circolazione esterna.
M „ di circolazione interna
O Piano di Batteria

Fig. II A Sovrastruttura del Molo.
B Sodo di cementazione e pietrame informe gettato a sacco contenuto entro cassoni senza fondo di lamiera di cinque millimetri di spessore.
Nota La linea punteggiata segna le dimensioni che il profilo dovrebbe avere per corrispondere a quello del Governo, e ricevere al di sopra una Batteria.

Fig. III. A. Sovrastruttura del Molo.
B. Letto di cementazione.
C. Gettata di massi artefatti

Fig. IV A Sovrastruttura del Molo
B Muro di sponda interno
C Berma esterna.
D Fondazione a Scogliera di massi naturali
E Scarpa esterna formata con massi artefatti in mancanza di grandi massi di pietra naturale.

Fig. V A Sovrastruttura del Molo
B Muro di sponda interno
C Letto di cementazione.
E Fondazione a Scogliera di massi naturali
D Scarpa esterna formata con massi artefatti escludendo i grandi massi naturali che si han disponibili.
Nota Sarebbe necessario dare al profilo la maggiore elevazione H per formarvi il piano della batteria, fare la berma K ed estendere la scarpa in O perchè la base avesse almeno estensione, e resistenza uguale a quella del profilo del Porto della Joliette.

PROFILI COMPARATIVI PROPOSTI PEL PROLUNGAMENTO DEL MOLO OCCIDENTALE DEL PORTO DI GENOVA

Tav. A